

# Métodos para la identificación, caracterización y tipificación de sistemas agroforestales en el trópico



**William Ballesteros Possú**  
**Jorge Fernando Navía Estrada**  
**Hugo Ferney Leonel**

# èditorial

Universidad de **Nariño**

**Métodos para la  
identificación, caracterización  
y tipificación de sistemas  
agroforestales en el trópico**

# Métodos para la identificación, caracterización y tipificación de sistemas agroforestales en el trópico

William Ballesteros Possú, PhD  
Jorge Fernando Navia Estrada, PhD  
Hugo Ferneny Leonel, PhD

Ballesteros Possú, William

Métodos para la identificación, caracterización y tipificación de sistemas agroforestales en el trópico / William Ballesteros Possú, Jorge Fernando Navia Estrada, Hugo Ferney Leonel—1ª. ed.. -- San Juan de Pasto : Editorial Universidad de Nariño, 2024.

170 páginas : ilustraciones, gráficas, mapas, tablas.

Incluye referencias bibliográficas p. 145-155

ISBN: 978-628-7679-73-3

1. Sistemas agroforestales--Características 2. Sistemas agroforestales—Trópico--Investigación 3. Estructura sistemas agroforestales 4. Recursos forestales 5. Sistemas de producción agropecuaria 6. Unidades productivas—Distribución 7. Caracterización y tipificación agroforestal. I. Navia Estrada, Jorge Fernando. II. Leonel, Hugo Ferney

634.99 B191m – SCDD-Ed. 22



Universidad de Nariño  
FUNDADA EN 1974



Universidad de Nariño  
ACREDITADA EN ALTA CALIDAD  
RESOLUCIÓN MEN 000001 JUNIO 1 DE 2022

SECCIÓN DE BIBLIOTECA

## Métodos para la identificación, caracterización y tipificación de sistemas agroforestales en el trópico

© Editorial Universidad de Nariño

© William Ballesteros Possú, PhD

© Jorge Fernando Navia Estrada, PhD

© Hugo Ferney Leonel, PhD

ISBN: 978-628-7679-73-3

Primera edición

**Corrección de estilo:** Ricardo Erazo Mera

**Diseño y diagramación:** Nathaly Johana Rivadeneira

**Fecha de publicación:** julio de 2024

San Juan de Pasto - Nariño - Colombia

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio o con cualquier propósito, sin la autorización escrita de su Autor o de la Editorial Universidad de Nariño

# Contenido

---

Prólogo .....	11
<b>1. Introducción .....</b>	<b>12</b>
<b>2. Marco conceptual.....</b>	<b>14</b>
2.1 Surgimiento de la investigación en sistemas de producción .....	14
2.2 Conceptualización del enfoque de sistemas .....	16
2.3 El Agroecosistema.....	20
2.4 Caracterización de sistemas agroforestales.....	21
2.5 Tipificación de sistemas agroforestales .....	22
<b>3. Metodologías para la caracterización y tipificación agroforestal .</b>	<b>24</b>
3.1 Diagnóstico y Diseño (D&D).....	24
3.2 Comparación del D&D con otras metodologías similares.....	28
3.3 Metodología del CATIE.....	30
3.4 Metodología implementada por el grupo de investigación CORPOICA Palmira .	31
3.5 Metodología propuesta por CONIF .....	32
3.5.1 Obtención de la línea base .....	32
3.5.2 Diagnóstico de los sistemas agroforestales .....	33
3.5.3 Identificación de prácticas agroforestales .....	33
3.5.4 Muestreo de campo .....	33
3.5.5 Observación directa de arreglos agroforestales .....	33
3.5.6 Charla con el productor o conocedor del sistema identificado.....	33
3.5.7 Registro fotográfico.....	33
3.5.8 Herramientas de tipo gráfico .....	34
3.5.9 Análisis de la información .....	34
3.5.10 Diseño de plan agroforestal detallado.....	34
3.5.11 Devolución de la información .....	35
3.6 Planificación agroforestal de fincas .....	35

3.6.1 Diagnóstico Biofísico .....	35
3.6.2 Diagnóstico Agroforestal .....	36
3.6.3 Diagnóstico social y económico .....	36

#### **4. Metodologías de apoyo, frecuentemente usadas en la caracterización y tipificación de sistemas agroforestales.....38**

4.1 Identificación de problemas en los sistemas de producción agropecuaria	38
4.2 Identificación y jerarquización de problemas en sistemas productivos .....	39
4.2.1 Precisión de los problemas .....	39
4.2.2 El descriptor de los problemas.....	39
4.2.3 El indicador de los problemas .....	39
4.2.4 Árbol de problemas.....	40
4.2.5 Árbol de objetivos .....	40
4.3 Metodología alternativa para jerarquizar problemas.....	41
4.3.1 Lluvia de problemas.....	41
4.3.2 Priorización de problemas .....	42
4.3.3 Valoración de la relación entre problemas.....	43
4.3.4 Ubicación de problemas en el plano cartesiano .....	43
4.4 Métodos de Muestreo Probabilístico .....	46
4.4.1 Muestreo aleatorio simple (MAS) .....	46
4.4.1.1 Cálculo de la media y del total poblacional .....	47
4.4.1.2 Cálculo del tamaño de la muestra .....	48
4.4.2 Muestreo cualitativo .....	49
4.4.2.1 Cálculo de la proporción poblacional .....	50
4.4.3 Muestreo aleatorio estratificado .....	50
4.4.3.1 Cálculo de la media y del total poblacional .....	51
4.4.3.2 Cálculo del tamaño de la muestra .....	52
4.4.3.3 Tamaño de la muestra para estimar la media estratificada .....	53
4.4.3.4 Tamaño de la muestra para estimar el total .....	53
4.4.4 Muestreo sistemático .....	54
4.4.5 Muestreo selectivo.....	54
4.5 Metodología FODA .....	55
4.6 Diagnóstico Rural Rápido .....	58
4.7 Diagnóstico Rural Participativo.....	59
4.8 Inventarios florísticos.....	59
4.8.1 Tipos de muestreo de la vegetación .....	60
4.8.2 Transectos .....	61
4.8.3 Método de cuadrantes.....	62
4.8.4 Punto centro cuadrado o centro cuadrante .....	64
4.8.5 Puntos de intercepción .....	65
4.8.6 Índice de valor de importancia - IVI.....	66
4.9 Metodología MESMIS.....	67
4.10 Uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) .....	70
4.11 Métodos estadísticos para el análisis de la información .....	72
4.11.1 Estadística descriptiva .....	72

4.11.2 Correlaciones .....	72
4.11.3 Estadística multivariante .....	73
4.11.4 Análisis de componentes principales .....	73
4.11.5 Análisis de correspondencias múltiples .....	74
4.11.6 Análisis de conglomerados (Clúster) .....	74

## **5. Resultados de investigación en caracterización y tipificación**

### **agroforestal .....77**

5.1 Objetivo general .....	77
5.2 Objetivos específicos .....	77
5.3 Hipótesis .....	77
5.4 Metodología .....	78
5.4.1 Localización .....	78
5.4.2 Dimensión ambiental .....	79
5.4.2.1 Características físico-geográficas .....	79
5.4.2.2 Geología .....	79
5.4.2.3 Topografía.....	79
5.4.2.4 Clima .....	80
5.4.2.5 Hidrología .....	81
5.4.2.6 Vegetación.....	81
5.4.2.7 Fauna silvestre .....	82
5.4.3 Dimensión económica.....	82
5.4.3.1 Región sierra.....	82
5.4.3.2 Región lomerío .....	82
5.4.3.3 Región costa.....	82
5.4.3.4 La ganadería .....	83
5.4.3.5 Pesca .....	83
5.4.3.6 Actividad forestal.....	83
5.4.4 Dimensión social .....	83
5.4.4.1 Población.....	83
5.4.4.2 Educación.....	84
5.4.4.3 Tenencia de la tierra.....	84
5.4.4.4 Organizaciones sociales.....	84
5.5 Pasos Metodológicos.....	84
5.5.1 Fase de gabinete .....	85
5.5.2 Fase de campo .....	85
5.5.3 Muestreo .....	86
5.5.4 Inventario florístico de sistemas agroforestales.....	88
5.5.5 Procesamiento y análisis de la información .....	89
5.6 Resultados .....	90
5.6.1 Análisis estadístico de las interacciones entre variables.....	92
5.6.2 Análisis general .....	96
5.7 Análisis descriptivo de las variables de los sistemas agroforestales .....	98
5.7.1 Distribución de los sistemas agroforestales (SAF11) .....	98
5.7.2 Componentes de los sistemas agroforestales. ....	98

5.7.2.1	Especies de árboles maderables (EAM2)	99
5.7.2.2	Especies de arbustos (EA3)	99
5.7.2.3	Especies de árboles frutales (EAF4)	100
5.7.2.4	Especies de árboles de forraje (EAFR5)	101
5.7.2.5	Especies de pastos (EP6)	101
5.7.2.6	Especies agrícolas (EAGT)	102
5.7.2.7	Especies de animales domésticos (EAD8)	102
5.7.3	Distribución espacial de las unidades productivas	103
5.7.3.1	Tamaño de la unidad productiva (UP10)	103
5.7.3.2	Área en sistemas agroforestales (SAF11)	103
5.7.3.3	Áreas en ganadería (G12)	104
5.7.3.4	Área en cultivos agrícolas (CEA13)	104
5.7.3.5	Áreas en bosque (B14)	104
5.7.4	Sistemas productivos	104
5.7.4.1	Sistemas de producción agrícola (PA16)	104
5.7.4.2	Sistemas de producción pecuaria (PAN17)	104
5.7.4.3	Sistemas de producción de frutas (PF18)	105
5.7.4.4	Sistemas de producción acuícola (PP19)	105
5.7.5	Aspectos socioeconómicos	105
5.7.5.1	Edad del productor (ED20)	105
5.7.5.2	Miembros de la unidad familiar (UAF21)	105
5.7.5.3	Ingreso de la unidad familiar (ING22)	105
5.7.5.4	Grado de escolaridad del jefe de familia (ESC23)	106
5.7.5.5	Tiempo dedicado a los sistemas agroforestales (TSAF24)	106
5.7.5.6	Tiempo dedicado a otras actividades (TOT25)	106
5.8	Estructura de los sistemas agroforestales	106
5.8.1	Sistemas silvopastoriles	107
5.8.1.1	Árboles en pastizales	107
5.8.1.2	Acuaforestería	108
5.8.1.3	Sistema de producción animal bajo cubierta arbolada	109
5.8.1.4	Árboles en cercos vivos	110
5.8.2	Sistemas de producción silvoagricolas	111
5.8.2.1	Árboles mezclados en cultivos agrícolas	111
5.8.2.2	Huertos familiares o huertos caseros	112
5.9	DISCUSIÓN	113
5.9.1	Dinámica de la producción ganadera	113
5.9.2	Comportamiento de los huertos familiares	119
5.9.3	Producción en acuaforestería	120
5.9.4	Dificultades	124
5.9.5	Propuestas agroforestales	130
5.9.6	Diseño de sistemas tipo para cada una de las regiones	134
5.10	CONCLUSIONES	135

<b>6.Propuesta para la caracterización de sistemas agroforestales .....</b>	<b>137</b>
<b>7. Referentes bibliográficos .....</b>	<b>139</b>
<b>8. Anexos.....</b>	<b>150</b>
Lista de figuras.....	158
Lista de tablas.....	160
Los autores .....	161

# Prólogo

---

El presente estudio, nos devela la constante preocupación de sus autores en encontrar alternativas viables y sustentables que permitan a nuestros agricultores, estudiantes y comunidad en general, ser prósperos, dinámicos y, sobre todo, amigables con el ambiente; de ahí el título de su obra “Métodos para la identificación, caracterización y tipificación de sistemas agroforestales en el trópico”.

Importante denotar que, la investigación pretende desde una mirada holística, aterrizar conceptos para que todo aquel que se apropie de su lectura pueda entender y aplicar conceptos tales como caracterización, tipificación, entre otros.

Por lo tanto, es dable predicar que el trabajo investigativo per se, hace una enorme contribución científica en el campo de las ciencias agroforestales, en aras de una producción agropecuaria, que contribuya con el buen vivir de las comunidades campesinas del trópico.

Importante reconocer el aporte a la ciencia que realizan sus autores, los doctores: William Ballesteros Possú, Jorge Fernando Navia Estrada y Hugo Ferney Leonel; siendo ellos, distinguidos docentes de la prestigiosa Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, con una trayectoria destacada en el ámbito docente, investigativo y de interacción social, quienes han tenido la gran deferencia de entregarme su obra haciendo de este gesto un gran honor para mí.

Es por ello que, se resalta la obra realizada por los docentes en mención, pues es el reflejo del interés y denodado esfuerzo por contribuir a través de su investigación en el constante desarrollo de los métodos generadores de bienestar, salud y prosperidad de nuestros campesinos y productores agropecuarios, lo que sin duda redundará en toda la sociedad.

Finalmente, deseo felicitar a sus autores, amigos y compañeros quienes en su diario trasegar en las aulas y en la vida, se esfuerzan por compartir todo su saber; lo que seguramente servirá a futuras generaciones para continuar con el camino trazado por ustedes. ¡Éxitos!

Dr. Jorge Alberto Vélez Lozano

# 1. | Introducción

---

Los esfuerzos realizados por las entidades vinculadas a la investigación y desarrollo de alternativas tecnológicas se han concentrado principalmente en la generación de conocimientos altamente especializados; si bien útiles, difíciles de aplicar en la producción agropecuaria de manera práctica, especialmente por los pequeños productores, debido a sus altos costos (Navia, 2011). Por otra parte, en el contexto del sistema productivo agrícola, la adaptabilidad cumple un papel relevante, en razón de los procesos que deben ajustarse para que los monocultivos y cultivos no tradicionales logren vincularse para la obtención de productos alternativos (Caicedo *et al.*, 2020).

Es importante contextualizar el conocimiento y el pensamiento sistémico, teniendo en cuenta que los conflictos ideológicos generados en el progreso del conocimiento, se refleja en la elección selectiva de territorios de investigación, la exclusión de otros, y en la promoción de avances y obstaculización de enfoques válidos y novedosos (Calvo, 2019), con la finalidad de acercarse a entender la realidad para la generación de soluciones innovadoras a los problemas; por ello, en este nuevo paradigma del conocimiento se evidencian los límites de lo que se había considerado la visión dominante de hacer ciencia (Maldonado, 2015).

Las ventajas de la identificación, caracterización y tipificación de sistemas agroforestales, basados en la estructuración desde el pensamiento sistémico, permitirá comprender el todo; como lo menciona Caicedo *et al.* (2020), la necesidad de definir los sistemas productivos desde la importancia de la agricultura en el desarrollo de la humanidad, al igual que en el uso de los recursos naturales, y utilizando sistemas productos alternativos en aras de obtener una producción optimizada, eficiente y sustentable.

Por otra parte, Blanco *et al.* (2020) mencionan la necesidad de reformular su sistema de organización interna, para lograr una estructura adecuada, que propicien experiencias innovadoras en la oferta de productos y su posicionamiento en el mercado, logrando así la efectividad y la adaptación que se desea.

Ante la necesidad de proponer una organización de los estudios en Agroforestería que garanticen obtener una producción eficiente y sustentable, la presente investigación describirá y analizará metodologías para la identificación, caracterización y tipificación de los sistemas agroforestales (SAF), a manera de guía para profesiones y técnicos que les permita definir los problemas y determinar las prioridades de esos sistemas productivos; además, decidir si la aplicación de prácticas agroforestales es una alternativa adecuada y acorde con las condiciones socioeconómicas y ambientales, en función de construir escenarios posibles que obliguen a tener una perspectiva interdisciplinaria, desde la búsqueda abierta de lo cognitivo, para acercarse a entender y comprender una realidad dada.

La caracterización, consiste en la descripción y análisis de los aspectos naturales y sociales relevantes de un área, con el propósito de identificar los sistemas de producción existentes y reconocer los problemas más importantes; es decir, la descripción de un área o territorio a un nivel de detalle que permita planificar las alternativas apropiadas, para determinar el uso de prácticas agroforestales que contribuyan con soluciones económicas, alimentarias y/o ambientales de los territorios rurales.

Considerando que muchos de los términos relacionados con la caracterización y tipificación de sistemas agroforestales son confusos y en algunas ocasiones usados indistintamente, se harán algunas reflexiones que permitan diferenciar conceptualmente los elementos requeridos para adelantar esos procesos y, con ello, sea más eficiente la utilización de una metodología. Así como también, que la toma de decisiones de la eficiencia del sistema productivo sea más acertada y acorde con la realidad socioambiental de los territorios.

En la sección de las metodologías se dan a conocer las más usadas por los investigadores y técnicos del sector agropecuario para la caracterización y tipificación de los arreglos agroforestales; entre ellas: la identificación, jerarquización y precisión de problemas, método de muestreos probabilísticos, metodología FODA, diagnóstico rural rápido, diagnóstico rural participativo, métodos para la realización de inventarios florísticos, cálculo del índice de valor de importancia (IVI), uso de sistemas de información geográfica (SIG) y métodos estadísticos para el análisis de la información obtenida.

En la sección de los antecedentes, se presentan algunos casos a manera del uso de diferentes metodologías para la caracterización y tipificación agroforestal, y al final se realiza una propuesta general para la caracterización agroforestal.

## 2. | Marco conceptual

---

Los términos identificación, caracterización y tipificación de sistemas agroforestales son confusos para los lectores y muchas veces utilizados indistintamente. En algunos textos esos términos se usan indiscriminadamente y son de difícil aplicación; por lo tanto, en esta sección, se precisa en algunos conceptos y su aplicabilidad para los trabajos de campo.

### 2.1 Surgimiento de la investigación en sistemas de producción

La investigación en sistemas productivos surge por diferentes vías:

- a) Una alternativa para lograr una mayor comprensión de fenómenos complejos, como suelen ser los sistemas de producción agropecuaria; caracterizados por una alta interacción entre sus elementos, y profundizar en el conocimiento de la relación existente entre la estructura y la función del sistema (Hart, 1985).
- b) Resultado de una revisión crítica del impacto de la “Revolución Verde” en las condiciones técnicas y agroeconómicas de los pequeños productores de América Latina, Asia y África (Escobar y Berdegú, 1990).
- c) Estrategia de acción dirigida al desarrollo de un universo específico de productores.
- d) Metodología de investigación adaptativa.
- e) Concepto filosófico aplicable a la investigación, la extensión y el desarrollo agropecuario (Ruíz, 1992).
- f) Se ha dicho que los procedimientos convencionales de la investigación disciplinaria no han sido apropiados a las circunstancias y entorno sociocultural y económico de los productores (Escobar y Berdegú, 1990).
- g) Incorporación de nuevos instrumentos de análisis basados en una prospección holística de interacción entre las ciencias sociales y naturales; como el marco de los sistemas socio ecológicos (SSE), utilizado por primera vez por Berkes y Folke (1998), con el objetivo de dar el mismo peso tanto a la dimensión social como a la natural.

Con el devenir y variación permanente de los enfoques de investigación en los sistemas productivos, es pertinente precisar su conceptualización para una mejor comprensión y aplicación.

De todo lo reportado por los diferentes autores acerca de la investigación en sistemas de producción, lo esencial resulta ser el adecuado conocimiento de las realidades del productor, para que la tecnología que se genere sea elaborada en la medida de su contexto socioambiental, así como de sus limitaciones y posibilidades (Escobar y Berdegú, 1990), lo que presupone la participación activa del productor, en todo el proceso de investigación, por lo que cualquier metodología de trabajo debe tener intrínseco ese factor primordial.

Sin embargo, hay que reconocer que la participación del productor, por sí sola, no garantiza el éxito en la generación y transferencia de tecnología, y que es necesario e imprescindible tener en cuenta el entorno socioeconómico de la región (Miranda *et al.*, 1989). Leonel (2011) establece que la participación debe ser un proceso que obedece a diferentes acciones planificadas, continuas y sostenidas en el tiempo; debe ser un acto voluntario; además las decisiones que se tomen deben ser colectivas y no individuales, en tanto se participa por el interés y bienestar común, lo que a su vez significa el respeto por los otros, el fortalecimiento de la comunicación y la redistribución del poder.

En síntesis, la *Investigación en Sistemas de Producción* reconoce que los productores en su proceso productivo no solo tienen en cuenta las condiciones ecológicas que los supeditan, sino las potencialidades y limitantes económicas, sociales y políticas de cada región, así como los diferentes factores sobre los que se pueden concebir, razonablemente, acciones para encausar el desarrollo agrícola, conforme con el interés general (Dufumier, 1990), que han sido sistematizados para su aplicación como política de gobiernos y organizaciones internacionales, para ser validados en medio real (INDAP y FAO, 2018).

Cevallos *et al.* (2018) plantean, que las organizaciones son receptivas a ser dirigidas hacia objetivos específicos, como la transformación de los sistemas de producción agrícola convencionales a producción agroecológica, lo cual es posible lograrlo a través de una nueva racionalidad ambiental; mientras las confrontaciones globales son dadas entre las visiones y estrategias establecidas por la modernidad y las perspectivas que abren esa racionalidad ambiental (Leff, 2011); para Finol *et al.* (2019) implica desplazar la teoría económica fundada en la productividad del capital, el trabajo y la tecnología hacia un nuevo paradigma fundado en la productividad ecológica y cultural, en una productividad sistémica que integre el dominio de la naturaleza y el mundo de vida de sujetos culturales en las perspectivas abiertas por la complejidad ambiental.

Para entender esos nuevos enfoques de abordaje de los sistemas productivos desde la perspectiva de la racionalidad y complejidad ambiental, se hará un análisis de la conceptualización del enfoque de sistemas, como un elemento constitutivo de en-

tender o analizar el todo, para el caso de este estudio, los sistemas agroforestales; en el cual la asistencia técnica y la participación de los productores es fundamental. Arciniégas (2019) y Caicedo *et al.* (2020) expresan que en Colombia existen pocos estudios que identifiquen la visión del productor agropecuario respecto de los problemas principales que le afectan, la participación y la importancia que juega la asistencia técnica en la eficiencia de los sistemas productivos.

## 2.2 Conceptualización del enfoque de sistemas

La noción del enfoque de sistemas es la interpretación interdisciplinaria de un objeto de estudio identificado como generalista. García (2006) afirma que la interdisciplina concebida como un sistema complejo; se podría plantear que la interdisciplina, sea un enfoque metodológico que pone a dialogar diferentes disciplinas con un objeto de estudio. Rodríguez (2017) sostiene que la interdisciplina, es una metodología orientada a articular los conocimientos disciplinares necesarios para la comprensión de un sistema complejo; en ese sentido, Leonel y Luna (2016) afirman que el trabajo interdisciplinario, consiste en mantener los límites propios y factores comunes de cada disciplina para facilitar el diálogo.

En la actualidad se reconoce que la comunicación y la colaboración interdisciplinarias son necesarias no solo para perseguir una búsqueda de conocimientos, sino también para abordar problemas socioeconómicos complejos y la investigación interdisciplinaria (IDR) que se ha vuelto cada vez más central, tanto para el interés académico como para la construcción de políticas públicas y formulación de proyectos de desarrollo a partir de las entidades gubernamentales (Jacobs y Frickel, 2009; Roco *et al.*, 2013; Okamura, 2019). En Colombia es fundamental la interdisciplinaria debido a que permanentemente se está en la formulación de los planes de desarrollo municipal, departamental y nacional, planes de ordenamiento territorial, planes de gestión del riesgo y planes de ordenamiento de cuencas hidrográficas, entre otros.

En ese sentido, la teoría general de sistemas ha logrado consolidar aportes a las diversas disciplinas, promoviendo una visión integral de los fenómenos con posibilidades de ser modelados y simulados para conocer mejor el proceso en su totalidad, lo cual ha permitido aportar soluciones a problemas de planeación y a la toma de decisiones en ambientes organizados, como son los sistemas de producción. De la Peña y Velázquez (2018) plantean que el enfoque sistémico tiene un valor significativo para la comprensión de la realidad y en particular en la construcción del conocimiento en diversas ramas del saber, como las humanísticas, ciencias exactas, tecnológicas, médicas, informáticas, robótica, cibernética, entre otras.

Al asumir el enfoque de sistemas se induce al investigador a incorporar en sus estudios todos los elementos que influyen en una decisión o una respuesta, o en la comprensión de un fenómeno, dentro de límites definidos (Parra, 1991). Entonces, antes que cambios procedimentales o metodológicos, se busca modificar la aptitud mental de los investigadores hacia la forma de apreciar las cosas, de abordar al estu-

dio de los fenómenos y de relacionarse con los productores y con los investigadores; por ello, es fundamental tener en cuenta los principios del enfoque de sistemas que, según Ruiz (1992), consiste en una estrategia de investigación fundamentada en:

1. El desarrollo de tecnología relevante y viable para los productores debe basarse en un conocimiento completo del sistema real de la finca.
2. La tecnología debe evaluarse no solamente en términos de su desempeño técnico sino también en términos de su identificación con las metas, necesidades y condiciones socioeconómicas del sistema de finca, así como del productor como elemento central.

Ruano (1989) plantea que una de las bases filosóficas del enfoque de sistemas es la participación que va más allá de los miembros del equipo de trabajo y de las instituciones involucradas, porque también incluye a los miembros de las comunidades del área del proyecto. De la Peña y Velázquez (2018) plantean que el análisis permite determinar la existencia de los rasgos esenciales de todo sistema, a partir de:

1. *La composición y estructura:* dada por el conjunto de elementos, componentes y subsistemas que conforman el todo y que se disponen según un orden jerárquico.
2. *La organización interna:* dada por su estructura y funcionamiento. La estructura es una relación estable, aunque con carácter mutable, pero que conserva en lo general la integridad del sistema. En cambio, el funcionamiento es proceso, por lo que, al entrar en contradicción con la estructura, provoca cambios y/o renovaciones en los elementos estructurales, que se traducen en cualidades de nuevo orden que subyacen, en gran medida, entre las relaciones existentes entre los elementos, componentes y subsistemas, con una organicidad jerárquica o de coordinación.
3. *El carácter específico de la interacción con el medio ambiente y su propia naturaleza:* dada por la red de comunicaciones externas que establecen sus elementos, componentes y subsistemas de la misma u otra naturaleza, existentes en el ambiente. Integran el sistema solo los objetos, fenómenos y procesos que participan directa e inmediatamente en la creación de las propiedades y cualidades del sistema en sí. Por el contrario, los objetos que al ser de carácter externos respecto al sistema participan en la formación de sus cualidades a través de los elementos, componentes y subsistemas de todo el sistema corresponden al medio, sea o no de la misma naturaleza.
4. *La cualidad resultante de la integración y de la formación del sistema:* dada por las relaciones e interacciones que se establecen entre sus elementos, componentes y subsistemas. Estas se pueden clasificar como de coordinación y de subordinación. Dicha cualidad debe emerger y ser compatible con la naturaleza de los elementos, componentes y subsistemas, así como responder a principios y leyes intrínsecas del sistema.

El enfoque de sistemas, como estrategia básica de una entidad de investigación agropecuaria, no trata tanto de técnicas e instrumentos, como sí de la adopción, por parte de todos los investigadores vinculados a dicha organización, de una nueva postura

en relación con la investigación, en la cual una visión globalizante del sistema de producción se torna en componente esencial (Gastal, 1980).

En ese sentido, un sistema es cualquier conjunto de elementos o estructura de componentes relacionados que interactúan entre sí (Norman, 1980; Navia, 2000). También un arreglo de componentes físicos, un conjunto o colección de cosas, unidas o relacionadas de tal manera que forman y actúan como unidad (Hart, 1985), y el estudio de sus partes se hace en función del todo y nunca se puede perder de vista el componente como subsistema y el entorno como suprasistema, para que la suma de las partes no sea considerada como el sistema total (Hart, 1985; Johansen, 1996; La Torre, 1996; Navia, 2000).

En los sistemas no importa a que situación de la realidad pertenezca, supone tres conjuntos internamente asociados: conjunto de elementos, conjunto de actividades o acciones y conjunto de relaciones (Gastal, 1980). Según estas definiciones, un sistema puede ser tan amplio (el universo, por ejemplo), o tan pequeño (por ejemplo, la célula) como se quiera; por lo tanto, lo importante es saber definir el sistema objeto de nuestro trabajo y la acción investigativa. Según Rivas (2013), (como se citó en De la Peña y Velázquez, 2018) la interrelación y afectación mutua de las partes son esenciales en el estudio de los sistemas.

Para garantizar la claridad y la coherencia del carácter sistémico de la investigación, De la Peña y Velázquez (2018) plantean las siguientes cuatro fases para su abordaje:

***Fase 1. La propia determinación y modelación del estudio:***

1. Caracterización facto-perceptible del objeto de investigación, determinación de la situación problemática, contradicción externa e interna o fundamental.
2. Determinación de los componentes teóricos y metodológicos del diseño de investigación.
3. Identificación de las etapas de la investigación y tareas a realizar.
4. Establecimiento de la pertinencia, valor teórico y práctico e implicación de la investigación.

***Fase 2. La modelación de la intervención en la práctica con objetivo exploratorio o diagnóstico, realizar las siguientes acciones:***

1. Caracterización del problema, sus causas y estado actual.
2. Determinación de los elementos instrumentales necesarios para la obtención de información y funcionamiento actual del sistema estudiado (objeto de investigación y campo de acción).

***Fase 3. La modelación del objeto de investigación debe orientarse hacia la:***

1. Identificación y caracterización estructural y funcional de los elementos, componentes y subsistemas del sistema general.
2. Expresión y argumentación de la tipología y niveles jerárquicos de las relaciones que se establecen entre los elementos, componentes y subsistemas.

3. Determinación de la naturaleza e incidencias de las influencias externas en el sistema.
4. Expresión y argumentación de las cualidades emergentes que garanticen sinergia y recursividad al sistema.
5. Establecimiento de los niveles de interacción y estabilidad ante influencias externas al sistema.

***Fase 4. La modelación, que en su expresión práctica como propuesta genera incidencia en el sistema y a la vez forma parte de este, ha de tener en cuenta los siguientes elementos:***

1. Determinación de la propuesta práctica elaborada o instrumento (estructura, procedimientos de uso, fundamentación teórica/metodológica, entre otros).
2. Establecimiento del nivel de relación e incidencia entre el elemento práctico elaborado (metodología, estrategia, conjunto o sistema de preguntas, tareas, clases, materiales o medios, medios tecnológicos de diversa índole) y el sistema modelado.
3. Identificación de los pasos y aspectos para la intervención en la práctica a partir de la aplicación del instrumento o propuesta elaborada.
4. Confirmación y aprobación de los resultados al atender la viabilidad, pertinencia y aplicabilidad del instrumento o propuesta elaborada (que le ofrece en sí mismo al sistema modelado valor y superioridad cualitativa y cuantitativa).

La estructura de un sistema está dada por el número, el tipo y la interacción entre componentes (Hart, 1985), en la que el número de componentes influye en la simplicidad o complejidad de los sistemas; el tipo de componentes determina en gran medida la orientación del sistema y su grado de interacción y la interacción entre componentes es considerado el factor de mayor peso en la determinación de la estructura de los sistemas.

La función de un sistema, para Hart (1985), se define en términos y procesos y está relacionada con la recepción de entradas y la producción de salidas, en la que la función como proceso puede caracterizarse aplicando los criterios de productividad, eficiencia y variabilidad, y las características de la función son resultado directo de la estructura del sistema.

Con base en la función y estructura se construyen indicadores productivos de las fincas o unidades de producción, los cuales servirán para determinar las características de la función del sistema y para evaluar el comportamiento de la estructura que da el soporte, que al relacionar la estructura con la función constituye el análisis del sistema.

Entonces se puede deducir que en el enfoque de sistemas es fundamental el conocimiento que se tenga de este y la forma de abordarlo para la generación de nuevos conocimientos; es decir, es fundamental realizar una adecuada delimitación del sistema, definir su estructura y funcionalidad, y para el abordaje específico en agroecosistemas las investigaciones deben partir de enfoques interdisciplinarios para comprender relaciones no solo biológicas o técnicas sino también las sociales y humanas; en tanto se pueda comprender las relaciones entre la naturaleza y la sociedad.

Para poder comprender las relaciones existentes entre sí y con otros agroecosistemas, se aclararán algunas definiciones y características principales de los mismos.

## 2.3 El Agroecosistema

El agroecosistema es un ecosistema modificado en menor o mayor grado por el hombre, para la utilización de los recursos naturales en los procesos de producción agrícola, pecuaria, forestal o de la fauna silvestre (Parra, 1991); es decir, son sistemas intervenidos de forma antrópica, su origen y mantenimiento están asociados a la actividad del hombre, quien ha modificado la naturaleza para obtener bienes y servicios (Sans, 2007). Desde el punto de vista de su estructura o topología, están constituidas por nodos, eslabones y niveles tróficos que describen la diversidad, las relaciones alimentarias, la estabilidad y los procesos que ocurren dentro de un ecosistema (Pedroza *et al.*, 2016).

Es de resaltar que la agroecología surge ante la necesidad de la búsqueda de sistemas productivos diferentes a la agricultura moderna, comúnmente denominada convencional, consecuencia de la llamada revolución verde, que consistió en buscar el aumento de la productividad de los cultivos agrícolas, a expensas del uso de semillas mejoradas de alto rendimiento, fertilizantes sintéticos y plaguicidas (Gliessman, 2015) que han venido causando graves problemas ambientales, entre ellos, pérdida de biodiversidad, alteración de las características fisicobióticas de los suelos y contaminación de agua entre otros. Esta necesidad de diseñar e implementar agroecosistemas sostenibles y productivos, que sean menos dependientes de insumos y amigables con el medio ambiente, ha sido cada vez más expresada en las últimas décadas (Sharma *et al.*, 2017; Bober y Suárez, 2020).

A pesar de las consecuencias de la revolución verde, los agroecosistemas han conseguido subsistir conservando prácticas ancestrales bajo modelos agroecológicos (Albarracin *et al.*, 2019). Por su parte, Altieri *et al.* (2015) afirman que el modelo de producción agroecológico es un sistema de producción sustentable, por la baja utilización y dependencia de insumos externos; por ello, los Sistemas Agroforestales (SAF) constituyen una alternativa ante la problemática de los monocultivos; permiten desplazarlos debido a que implican la combinación de árboles forestales con otros cultivos, con animales domésticos, o ambos. Además, optimiza la producción por unidad de área, al tiempo que se respeta el principio de obtener rendimientos sostenibles (FAO, 2022).

Los sistemas de producción son el conjunto de procesos de trabajo de cada sector de la producción, que comparten el mismo grado de desarrollo de las fuerzas productivas, y que pueden identificarse por las propiedades de sus elementos participantes, la dinámica de las relaciones (organización del trabajo, estrategia adaptativa o de control, entre otros, o, la intensidad del uso del suelo y la productividad de la fuerza de trabajo (Parra, 1991).

Los sistemas productivos son subsistemas de los agroecosistemas y se clasifican en sistemas de cultivo y de animales, en los cuales, como cualquier otro sistema, son arreglos espaciales y cronológicos de componentes, con entradas y salidas (Hart, 1985). Estos no solamente obedecen a factores endógenos a la finca, sino que también responden a las influencias exógenas de diverso carácter.

Al hablar de sistemas de producción, se hace mención de una serie de relaciones complejas entre elementos (Saravia, 1985); en segundo lugar, el concepto de producción, hace mención directa a la producción de medios materiales de insumos y consumo con un valor social (Hart, 1990; Navia *et al.*, 2003).

En la práctica, los sistemas de producción se caracterizan, entre otros aspectos, por la tecnología aplicada y el conocimiento de los productores como consecuencia del acceso a los recursos productivos (tierra, capital y mano de obra), la relación con el ambiente ecológico (clima, suelo) y su vinculación con el ambiente socioeconómico (mercado, asistencia técnica, riesgo, entre otros).

En un estudio realizado por Velázquez y Perezgrovas (2017) en la región XIV Tullijá-Tseltal-Chol, encontraron cuatro sistemas productivos de ganado bovino diferenciados, con características y elementos constituyentes de la actividad económica agropecuaria que generan la riqueza económica, cultural y social en la región a partir de un contexto productivo diverso cuyas formas de organización están asentadas en el binomio ganadero/agrícola.

## **2.4 Caracterización de sistemas agroforestales**

En el diccionario de la Real Academia Española - RAE (2020) se define que la caracterización significa determinar los atributos de alguien o de algo, de modo que claramente se distingue de los demás. La caracterización es pieza clave para realizar un plan o estudio del sistema, este es un proceso que en muchos casos puede tomar algún tiempo (Nair, 1993). La caracterización permite identificar las limitantes o potencialidades, para sugerir algunas recomendaciones y que esta información recopilada sirva para orientar o realizar análisis en otros proyectos de investigación (ICRAF, 1994).

Por otra parte, CORPOICA (1996) afirma que esta se puede entender como la determinación del efecto integral de los factores físicos, bióticos, económicos, socioculturales y ambientales, que permiten conocer, entender y formular hipótesis acerca de la estructura, función, manejo y razón de ser de los sistemas de producción en áreas específicas, y aporta elementos de análisis para quienes toman decisiones entorno al desarrollo regional.

Mediante observación rápida o metodologías propias de la caracterización, se definen los rasgos propios de los sistemas agroforestales y de la identidad que le dan las comunidades de esos sistemas; además, se detallan los componentes, sus relaciones,

acontecimientos de una práctica, tecnología o arreglo agroforestal dentro de los sistemas que pueden contribuir con la tipificación agroforestal. En la caracterización se definen los atributos peculiares de los sistemas o arreglos tipificados (estructura y funcionalidad), de modo que claramente se establezca una distinción entre ellos. Estas caracterizaciones se desarrollan con base en un conjunto de variables de tipo biológico, social, técnico, ambiental y organizacional, entre otros, definidas por el investigador o agente de campo.

En este sentido la caracterización se puede definir como la descripción de aspectos fisicobióticos, socioeconómicos y culturales de un sistema productivo en un momento y espacio determinado en un nivel de detalle que permite definir su estructura, su función y al mismo tiempo sus limitantes y potencialidades.

## **2.5 Tipificación de sistemas agroforestales**

La tipificación, permite conocer la organización conceptual de la diversidad existente en la agricultura campesina con una lista de unidades de producción representativa y la población vinculada a los sistemas de producción, por lo que es posible identificar grupos de descriptores que generalmente cumplen un papel importante en los ejercicios de tipificación y clasificación Escobar y Berdegú (1990).

La tipificación y la caracterización son actividades relevantes para el análisis del funcionamiento de los sistemas productivos rurales, que determinan la relación entre variables, proceso que suele ser complejo, ya que demanda observar la relación de los grupos familiares y comunidades con su entorno cultural, en función de sus objetivos empresariales, económicos y financieros (Vargas y Rodríguez, 2020). Al momento de tipificar, se debe tener en cuenta variables de tipo espacial, variables de control, variables de validación, el tipo de actividad productiva, la orientación de la producción, los costos de producción, el destino de la producción, el origen de la mano de obra, el nivel tecnológico, el uso del suelo, la clase de actividad desarrollada y el nivel empresarial (Jiménez, *et al.*, 2019).

A su vez, Pardo *et al.*, (2020) y Hart (1985), mencionan que otros criterios de clasificación pueden ser:

- i) El acceso y control sobre la tierra (cantidad y tenencia).
- ii) La mano de obra (que puede ser familiar o externa asalariada) y el capital (en el costo real del crédito para el productor).
- iii) La productividad biológica (que puede medirse como el peso seco/unidad de área/unidad de tiempo), y compararse con la productividad de los ecosistemas naturales en el mismo ambiente.
- iv) El valor total de la biomasa producida en la finca (medida por ejemplo según la relación ingresos brutos/unidad de área/unidad de tiempo), comparándose contra el valor de la finca de mayor producción en la región.
- v) El número y niveles de subsistemas (cultivos, ganados, procesamiento) y las diferentes coberturas encontrados en la finca.

---

La tipificación permite, mediante técnicas multivariadas, definir los sistemas productivos más comunes o modales en la región de estudio y definir sus características, sus planes de manejo y mejoramiento. Es una herramienta dinámica porque con ella se optimizan los recursos humanos y económicos. Se debe tener en cuenta que el análisis estadístico debe partir utilizando variables que hagan contribuciones significativas a la variabilidad total (se recomienda incluir variables con un  $cv > 30$ ) ya que las variables de estudio se priorizan y se agrupan en conjuntos más compactos.

# 3. | Metodologías para la caracterización y tipificación agroforestal

---

Antes de enfocar las ciencias agroforestales es importante tener en cuenta que se ha utilizado un sinnúmero de metodologías para la planificación y elaboración de proyectos rurales. Una de esas metodologías y muy conocida es la ZOPP por su significado en alemán “*Zielorientierte Projektplanung*”, que significa planeación de proyectos orientada a objetivos. Es una metodología que permite que el grupo de trabajo defina en forma consensuada las acciones a realizar y su secuencia para alcanzar los objetivos que se ha propuesto, esta metodología fue desarrollada por la Agencia de Cooperación Alemana (GTZ) en 1981, se utilizaba principalmente, para la formulación de proyectos de cooperación internacional. Alemania, Suiza, España, los países escandinavos, Centro y Sur América, así como organismos multilaterales como la Unión Europea, Banco Interamericano de Desarrollo - BID, banco Mundial - BM y Banco internacional de Reconstrucción y Fomento - BIRF han aplicado consistentemente esta metodología o sus principios fundamentales.

Otras metodologías han sido desarrolladas por un análisis y evaluación holística de sistemas de uso de la tierra. Entre las más significantes están *Farming System Research/Extension* (FSR/E), traducido como *Sistema de Investigación/Extensión en Fincas* y la metodología de evaluación de tierras de la FAO (FAO, 1976). En términos generales las metodologías son completamente consistentes entre ellas, e intentan cumplir tareas u objetivos similares, pero cada una fue desarrollada para condiciones y objetivos específicos. Por ejemplo, el programa FSR/E fue desarrollado como respuesta a las fallas de los métodos tradicionales de extensión y transferencia tecnológica que fueron iniciados para difundir las tecnologías de la revolución verde, dirigidos a las poblaciones de escasos recursos económicos y a productores de pequeña escala.

## 3.1 Diagnóstico y Diseño (D&D)

El D&D es una metodología desarrollada por el ICRAF, hoy llamado el World Agroforestry Centre, la cual es una adaptación de las metodologías de análisis de sistemas de fincas, al diseño de sistemas agroforestales (ICRAF, 1983). Esa metodología se enfoca

al diagnóstico de problemas del uso y manejo de la tierra y al diseño de las investigaciones para generar las soluciones agroforestales. El objetivo principal es ayudar a los investigadores agroforestales y a los trabajadores de campo para planear e instrumentar investigación efectiva y procesos de desarrollo agroforestal (Raintree, 1987).

El método de Diagnóstico y Diseño (D&D) de ICRAF tiene como objetivo la identificación de tecnologías de Agroforestería con gran potencial regional. Una gran parte del énfasis se focaliza en la unidad familiar y la satisfacción de sus necesidades. La metodología abarca objetivos relacionados con la producción y la conservación que fomentan la productividad, la sustentabilidad y la adoptabilidad.

La metodología, considera el trabajo interdisciplinario como la base para la formulación de respuestas integrales a los problemas priorizados. Por tanto, un equipo de trabajo suele incluir por lo menos un representante de las ciencias agrícolas (como la agronomía, la horticultura y las ciencias pecuarias), de la forestería (en el sentido más general posible), las ciencias sociales (sociología/antropología, geografía humana, y economía), y de las ciencias naturales que tratan con la evaluación de tierras (ecología, ciencia de tierras y climatología). Ello les permite hacer el informe diagnóstico y después analizar los resultados y desarrollar un diseño apropiado de conceptos para las intervenciones agroforestales, cuya meta es mejorar los sistemas de usos de la tierra existentes; la aplicación del método de diagnóstico y diseño requiere dos semanas de trabajo de un equipo multidisciplinario (Raintree, 1987).

El procedimiento tiene cuatro etapas: el prediagnóstico, el diagnóstico, el diseño, y la planificación (Tabla 1). Este procedimiento del método de Diagnóstico y Diseño (D&D) es visto como un continuo proceso de aprendizaje que se puede repetir hasta que alcanza su óptimo. Presenta neutralidad de graduación, que permite que sea aplicable a diferentes niveles de jerarquía de los sistemas de uso de la tierra.

Así, el procedimiento puede ser aplicado con modificaciones menores en lo micro (unidades de manejo familiar, como la finca familiar), medio (comunidad, pueblo, cuenca local) o macro (una región, país o ecozona). Por su característica de retroalimentarse con la información recolectada en las unidades básicas (fincas y en las estaciones experimentales) en las etapas sucesivas, se dice que la metodología D & D es de “arriba para abajo” en lo regional, y “de abajo para arriba” en una finca. Manteniendo la jerarquía de los sistemas de producción (Tabla 1).

El rasgo más distintivo de los métodos usados en lo micro es el enfoque de necesidades básicas, que identifica las restricciones y un procedimiento de eliminación de problemas, que se usa para diseñar soluciones agroforestales en problemas diagnosticados. Se consideran como necesidades básicas importantes: alimento, forraje, combustible, protección, materias primas y dinero en efectivo. Se identifican los problemas que los agricultores encuentran para satisfacer estas necesidades básicas (Nair, 1993; Raintree, 1987).

**Tabla 1.***Procedimientos básicos de la metodología de diagnóstico y diseño (D&D).*

<b>Etapas de D&amp;D</b>	<b>Preguntas básicas a contestar</b>	<b>Factores claves a considerar</b>	<b>Modo de indagación</b>
Prediagnóstico	Definición de Sistema de Uso de la Tierra y selección de sitio. ¿Cuál es el Sistema objetivo? ¿Cómo funciona el Sistema? ¿Cómo está organizado? ¿Cómo funciona para alcanzar los objetivos?	Combinaciones distintivas de recursos, tecnología y objetivos de uso de la tierra.	Ver y comparar los diferentes sistemas de uso de la tierra.
Diagnóstico	¿Qué tan bien funciona el sistema? ¿Cuáles son sus problemas, impedimentos, limitaciones, síndromes de generación de problemas y puntos de intervención?	Problemas en los objetivos del sistema de asambleas (deficiencias en producción, problemas de sostenibilidad). Factores causales, impedimentos y puntos de intervención.	Entrevistas, diagnósticos y observaciones directas en campo para detectar los problemas productivos en los subsistemas.
Diseño y evaluación	¿Cómo mejorar el sistema? ¿Qué se necesita para mejorar el funcionamiento del sistema?	Especificaciones para resolver problemas o intervenciones para realzar el funcionamiento.	Diseño participativo y evaluación de alternativas.
Planificación	¿Qué hacer para desarrollar y difundir el sistema mejorado?	Necesidades de investigación y desarrollo, necesidades de extensión.	Diseño de investigación y planificación de proyectos.
Implementación	¿Cómo ajustar la nueva información?	Retroalimentación desde estaciones de investigación, ensayos en fincas y estudios especiales.	Re-diagnóstico y re-diseño con base en la nueva información.

Fuente: Adaptado de Raintree (1987)

Esta metodología está basada en la premisa de que, incorporando a los agricultores en las actividades de investigación y extensión, las recomendaciones e intervenciones subsecuentes serán más fácilmente adoptadas. Durante las etapas de prediagnóstico y diagnóstico, un grupo de profesionales interactúa con los productores (as) y otros usuarios de la tierra; con el objetivo de caracterizar las prácticas agroforestales comunes, identificar otras formas económicas, agronómicas y sociales de restricciones de la producción y discutir la producción alterna y los problemas de manejo (Raintree, 1987).

Se sostiene que este marco es aplicable a la investigación y a las actividades de extensión. Si las tecnologías agroforestales que están contempladas en el diseño ya existen, la metodología D&D puede usarse directamente como guía para las intervenciones agroforestales por los extensionistas. Por otra parte, las tecnologías deseadas no existen o no están completamente desarrolladas, los diseños pueden proveer una base para identificar la clase de investigación que se necesita tomar en cuenta. Sin embargo, en realidad, en la mayoría de las aplicaciones de D&D hasta la fecha han sido utilizadas para los proyectos de desarrollo (Nair, 1993).

El agricultor u otros usuarios de la tierra toman la decisión final de adoptar o no una tecnología agroforestal para utilizarla en un sistema particular; sin embargo, la enorme variedad de formas potencialmente útiles de usar árboles junto a cultivos y/o animales dificulta decidir cuales tecnologías agroforestales adoptar en una situación dada (Wood y Burley, 1991). El objetivo fundamental del D&D es, por supuesto, el uso de tecnologías agroforestales seleccionadas, sin embargo, el conocimiento disponible de las formas precisas en que interactúan las especies es aún rudimentario. Al mismo tiempo, muchas tecnologías tienen carácter “nocial”, mientras que muchas que se sabe que existen como prácticas tradicionales del agricultor, tienen que ser sometidas a un análisis científico sistemático (Wood y Burley, 1991).

Esta metodología se basa en la premisa de que la participación de agricultores en las actividades de investigación y extensión es garantía de que las intervenciones y recomendaciones subsecuentes serán fácilmente adoptadas.

El aspecto más importante de esta metodología es la manera en que las prioridades de investigación se derivan de un intento por “diseñar” un sistema agroforestal adecuado; se dice intento porque al principio, antes de que se realice la investigación necesaria, puede no ser posible especificar con cierta seguridad todas las características de una tecnología deseable (Wood y Burley, 1991). Finalmente, se necesita enfatizar en lo que señala Raintree (1987), respecto de los procedimientos sugeridos, que deben ser siempre adaptados a las necesidades y circunstancias de usuarios particulares, haciendo énfasis en el diagnóstico y diseño creativo (Tabla 2).

## Tabla 2.

*Necesidades y fuentes de información para el Diagnóstico y Diseño (D&D) agroforestal.*

Decisiones de diseño	Preguntas y fuentes de información	
	Base externa de conocimiento	Reconocimiento y diagnóstico de campo
Prototipos agroforestales potencialmente relevantes (identificación provisional).	¿Qué tipo de sistema es? (Ambiente, tipo de sistema de uso de la tierra, intensidad de uso, aumento de las fuentes de producción, problemas típicos, necesidades funcionales y potenciales, consideraciones de adoptabilidad).	¿Cuáles son las características de identificación del sistema? (¿Cuáles son sus partes componentes, cómo están organizadas, cómo trabajan?) procedentes encuestas breves de reconocimiento).
Diseño del algoritmo de sitio específico. Estrategia de desarrollo	¿Qué tipos y tasas de cambio son capaces de absorber este tipo de sistemas?, ¿Cuál es la vía óptima de intensificación?	¿Cuál es la mejor estrategia general de desarrollo para el sistema? (Incrementar el mejoramiento o transformación completa, fase a abordar para introducción de cambios).

¿Qué problemas y potenciales debería el diseño manejar?	¿Cuáles son los problemas y potenciales típicos de este tipo de sistema en su estado presente de desarrollo?	¿Cuáles son los problemas actuales y potenciales del sistema? ¿Cómo la comunidad local puede convivir normalmente con estos problemas?
¿Qué funciones debería el diseño ejecutar?	¿Qué necesidades funcionales e impedimentos son típicos en tales sistemas?	¿Cuáles son las necesidades funcionales actuales del sistema? Tal y como son percibidas por productores e investigadores
¿Cuáles funciones deberían ser ejecutadas separadamente y cuales en combinación?	¿Cuáles son las necesidades y posibilidades para las combinaciones funcionales en tales sistemas?	¿Cómo el usuario de la tierra percibe las ventajas relativas de las diferentes posibilidades?
¿En qué localidades dentro del paisaje estas funciones deben ser ejecutadas?	¿En qué nichos del paisaje son usualmente encontrados tales sistemas?	¿Qué nichos del paisaje están estructuralmente disponibles, cuáles ofrecen la mejor opción, cuáles son las preferencias del usuario de la tierra?
¿Qué especies componentes o combinaciones de componentes son mejores utilizadas para ejecutar las funciones deseadas?	¿Qué componentes exóticos se piensa son adecuados para estas funciones en este ambiente?	¿Qué componentes indígenas (originarios, autóctonos) podrían ejecutar estas funciones? (conocimiento etnobotánico local).
¿Cuántos de cada uno se requieren para alcanzar los objetivos del diseño?	¿Cuál es el rendimiento esperado de los componentes seleccionados en este ambiente? (Si tienen un papel de servicio), ¿Cuánto impacto es probable que ellos tengan?	¿Es posible ajustar el número de componentes requeridos dentro de los espacios disponibles? (¿Si no, ¿cómo pueden llenar las deficiencias? Revisar las estrategias locales tener suficiente abastecimiento en periodos de déficit y otros problemas que sugieran enfoques adicionales.
¿Qué se prevé en el arreglo preciso de los componentes animales y vegetales?	¿Qué arreglos son posibles? (simultáneos en el espacio y/o secuenciales en el tiempo).	¿Cuáles arreglos son preferidos por los usuarios de la tierra?
¿Qué prácticas de manejo se prevén para lograr la ejecución de los objetivos?	¿Cuáles son las opciones de manejo?	¿Cuáles opciones de manejo son preferidas por los usuarios locales? (chequear la compatibilidad con destrezas locales, disponibilidad de mano de obra y otros insumo.

Fuente: Raintree (1987)

### 3.2 Comparación del D&D con otras metodologías similares

Algunas metodologías que comúnmente se han usado para diseñar sistemas de uso de la tierra mejorados son la FSR/E y la Evaluación de Tierras (ONU-FAO, 1976). Estas metodologías han sido utilizadas antes de la aparición del D&D, por ende, tienen más tiempo de experiencia. Por supuesto, se han hecho diferentes pruebas y

comparaciones. Respecto de los aspectos procedimentales, la metodología D&D es más cerrada si se compara con FSR/E (algunas veces D&D se representa como una forma de FSR/E), aunque Raintree (1987) diferencia D&D de FSR/E en lo siguiente:

- Posee un amplio campo de diagnóstico, prestando atención específica a la estructura y función de los árboles en los sistemas de producción.
- Puede ser aplicada a diferentes escalas dependiendo del usuario
- Da lugar a un gran énfasis sobre la naturaleza participativa del proceso de diagnóstico y diseño.

La comparación de D&D con la metodología de evaluación de tierras (ET) de FAO desarrollada por Young (1989) indica que, si la evaluación de tierras es aplicada en Agroforestería, entonces las dos metodologías intentan cumplir virtualmente la misma tarea: el cual se enfoca en encontrar el mejor sistema para mejorar el uso de la tierra de un sitio dado. En cambio, una de las principales diferencias es que la ET da mayor énfasis a los aspectos ambientales y en el D&D se da mayor importancia a los aspectos sociales.

Otra metodología relativamente nueva y de una naturaleza similar es el análisis de agroecosistemas (Conway, 1985). Es conceptualmente más simple para “reconocimientos rurales rápidos”. Aunque no se ha hecho una comparación sistemática entre D&D y Análisis de agroecosistemas, los dos enfoques comparten la misma filosofía.

En general, estas metodologías tienen las mismas características esenciales, tienen méritos específicos para situaciones específicas. No obstante, para su orientación agroforestal, D&D es usada con mayor frecuencia en proyectos agroforestales. Si la Agroforestería por sí misma se considera como subsistema de los sistemas de producción y FSR/E algunas veces llega a ser más amplia y visualiza árboles en fincas como componentes esenciales en los sistemas de producción; podemos decir que las diferencias entre las dos son de interés puramente académico y mecanicista.

Es de resaltar que dichas metodologías son para manejar problemas logísticos de uso de la tierra; ellas no son sustitutas de la acción; por ejemplo: pruebas de validación, transferencia de tecnología entre otras. Entender los problemas biológicos y sociales, como también el conocimiento de las posibles intervenciones agroforestales y una visión creativa, requiere de equipos multidisciplinarios, como ya se enfatizó.

El adecuado diagnóstico y diseño de las prácticas agroforestales será una función del conocimiento y creatividad del equipo. Paralelamente el éxito de la intervención dependerá de los méritos de las tecnologías disponibles; además las metodologías pueden a lo mejor solamente identificar los problemas y sugerir las soluciones. Estas últimas dependerán de la oferta tecnológica.

Hay que anotar que la parte resolutive del D&D a las problemáticas de la producción agrícola con arreglos agroforestales identifica una etapa de propuestas de investigaciones agroforestales cuando no se tiene ofertas tecnológicas adecuadas. En esa parte, existe consenso entre los autores en que la mayoría de las concepciones y principios de los diseños experimentales clásicos no aplican a este tipo de arreglos. Por consiguiente, se deben hacer adaptaciones puntuales a ellos o generar propuestas idóneas de ajustes de estos para lograr un buen rigor científico, debido al tamaño de las parcelas, interacciones entre componentes, el efecto del árbol y/o el ganado, entre otras.

### 3.3 Metodología del CATIE

Metodología propuesta por Montagnini *et al.*, (1992). Estos autores indican que la caracterización consiste en la descripción y análisis de los aspectos naturales y sociales relevantes de un área con el propósito de identificar los sistemas de producción existentes y reconocer los problemas más importantes. Con el análisis de dicha información se define si el uso de las prácticas agroforestales es una alternativa factible o necesaria para hacerle frente a los problemas identificados.

Es de resaltar que el propósito de la caracterización es entender la situación existente. Esto significa tomar una radiografía de ese momento y tratar de discernir el diagnóstico de problemas y tratar de lograr las propuestas de solución a los mismos. En esta etapa se pueden hacer propuestas de investigación, otras veces de difusión de prácticas valiosas, de tal modo que el grado de estudio y profundidad varían dependiendo del objetivo y de lo encontrado *in situ*. Es necesario delimitar geográficamente el área, hacer los estudios de los aspectos, biofísicos, socioeconómicos. Luego se pueden sectorizar las áreas por problemática encontrada (erosión, productividad, estacionalidad, entre otros).

Los mismos autores indican que esta caracterización se puede realizar a través de sistemas regionales con algunas descripciones de los sistemas de fincas, agroecosistemas y sus componentes. La metodología propuesta comprende las siguientes fases:

- Determinar los objetivos de la caracterización y los límites del área a caracterizar.
- Recolectar información de aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos.
- Recopilar datos con las características de los sistemas existentes.
- Distinguir los problemas, necesidades y oportunidades existentes en el área.
- Analizar los datos anteriores, con el propósito de determinar si el uso de sistemas agroforestales es una alternativa factible o adecuada.

También ellos consideran que la revisión de fuentes de información secundaria se realiza mediante el uso de mapas topográficos y mapas que contengan información relevante de la distribución espacial de las veredas, fincas, caminos, entre otros aspectos. Igual resaltan la búsqueda y análisis de la información meteorológica.

### **3.4 Metodología implementada por el grupo de investigación COR-POICA Palmira**

- Síntesis e interpretación de la información secundaria existente y planteamiento de hipótesis: se debe revisar la información disponible para sistematizarla, analizarla y plantear escenarios en función de la problemática de investigación o la demanda de tecnología planteada por comunidades específicas. Como resultado de una primera fase de evaluación de la información se podrá decidir sobre toma de información primaria y la forma de recopilarla, con la participación de los expertos en los campos que se requieran.
- Captura de información primaria necesaria: como resultado de una primera fase de evaluación de los sistemas definidos se podrá decidir sobre las necesidades de información primaria y la forma de recopilarla, con la participación de investigadores de todos los campos que se requieran.
- Análisis e interpretación de la información: la confrontación de las principales conclusiones e hipótesis con la red de expertos. Al hacer referencia a la confrontación, no se debe pensar en la discusión de las conclusiones de un grupo aislado, se trata de identificar conjuntamente los escenarios más propicios donde se desarrolla o se desarrollará la investigación. A este procedimiento se le da el nombre de evaluación ex-ante, lo cual significa establecer las restricciones a un objetivo específico, cuantificarlas, analizar las consecuencias y las causas de esas restricciones y por último simular efectos de los tratamientos posibles al problema en cuestión.
- El diagnóstico: una vez hecha la identificación adecuada de los sistemas de producción se analizarán los problemas esenciales o demandas de tecnología a los cuales debería obedecer la investigación. A este nivel se confronta una demanda con la oferta disponible; esto es, se discuten posibles soluciones a los problemas. A partir de aquí se continúa con el análisis ex-ante para vislumbrar escenarios simulados de cada una de las soluciones con el fin de establecer el mejor camino para investigar y transferir, es decir para invertir los recursos disponibles.
- Transformación de variables: las variables que caracterizan un sistema de producción pueden ser cualitativas o cuantitativas. Estas transformaciones se realizan con el fin de trabajar con variables normalizadas, esto es, de un mismo tipo. Para algunos métodos multivariados sólo se pueden utilizar variables cuantitativas
- Selección de variables pertinentes utilizando técnicas de análisis multivariado de datos.
- Análisis de conglomerados: el objetivo es reunir observaciones o variables que comparten características similares, de modo que los elementos dentro de un mismo conglomerado sean más similares entre sí que con aquellos en otros conglomerados.

Georreferenciación: Toda la información disponible, correspondiente a una zona y determinante de las características de un sistema de producción se registrarán en un sistema de información georreferenciado que complementará la precisión de la misma información para hacer interpretaciones más juiciosas sobre aspectos de interés.

- La georreferenciación tiene que ver con la asignación de coordenadas a cada información que se registre en el sistema y por lo tanto cada elemento gráfico (mapa) está caracterizado con información que le corresponde.
- Confrontación con productores: la identificación de los sistemas de producción, sus limitantes y potencialidades, se debe confrontar con los productores para determinar los objetivos propios de la investigación.
- Análisis de la oferta y la demanda tecnológica: la identificación de los sistemas de producción y de su problemática respectiva, invitan a evaluar las condiciones de ofertas y demandas tecnológicas, con el fin de diseñar proyectos de investigación.
- Programación de investigación: como consecuencia del proceso de caracterización se debe llegar al planteamiento de investigaciones por componentes o interacciones del sistema. Debe tenerse en cuenta que la caracterización es dinámica y deberá actualizarse periódicamente para que se facilite la interpretación del valor de los resultados de investigación.
- Estudios de adopción e impacto: por último, los resultados de investigación, planteados para responder a una escala de necesidades de los productores, debe relevarse con la evaluación del proceso de adopción para saber si los resultados se corresponden con los objetivos esperados y las consecuencias directas (impacto) de esa adopción.

### **3.5 Metodología propuesta por CONIF**

Esta metodología se utiliza para hacer el diagnóstico agroforestal de grandes zonas (ecozonas). Inicialmente fue utilizada en el proyecto Colombia forestal para caracterizar las prácticas agroforestales del Pacífico nariñense, Medio y Bajo Atrato y Bajo Magdalena. Se pretende a través de visitas a predios, entrevistas con productores y técnicos identificar los problemas productivos y formular posibles soluciones a través de las tecnologías agroforestales. La caracterización finaliza con el diseño de soluciones recopiladas en un plan agroforestal y la definición de los usuarios beneficiados (CONIF, 2004). La metodología comprende las siguientes fases:

#### **3.5.1 Obtención de la línea base**

En esta fase se recopila información acerca de aspectos socioeconómicos, biofísicos, productivos, oferta y demanda del recurso forestal, infraestructura existente, niveles de organización comunitaria, tenencia de tierras, enfoque de género, entre otros aspectos. La descripción general de la zona incluye la ubicación cartográfica básica y temática de la cuenca o cuencas objeto de intervención. De ese modo provee un contexto para la interpretación de la información como insumo determinante para la toma de decisiones; el proceso incluye la revisión de documentación existente y acercamiento a la comunidad mediante la realización de talleres para la identificación de las problemáticas productivas. En esta etapa se aplican métodos como el de cartografía social "Mapa de Nuestro Territorio", al igual que la matriz de problemas y soluciones.

El análisis de la información se compila en un documento con la línea base del estado productivo agroforestal de las comunidades, la percepción de las comunidades, la óptica institucional y los planes sectoriales para abordar dicha problemática.

### **3.5.2 Diagnóstico de los sistemas agroforestales**

También se lo conoce como el trabajo directo de campo, y en esta etapa se desarrollan diferentes sub-fases que se denotan a continuación:

#### **3.5.3 Identificación de prácticas agroforestales**

Con la ayuda de un formulario se hace un inventario de las prácticas agroforestales. Se hace una encuesta en las diferentes instituciones, charlas con técnicos, profesionales, personas particulares, para así obtener una base de datos preliminares, la cual se verificará en la visita a las fincas. Durante la visita se indaga por los nombres regionales de las prácticas agroforestales y las preferencias de los productores de estas y sus componentes.

#### **3.5.4 Muestreo de campo**

Se toman diferentes fincas, se habla con los propietarios y se detallan las funciones que cumplen los árboles en la finca, al igual que de los intereses particulares que cada propietario (agricultor) tiene de los árboles.

#### **3.5.5 Observación directa de arreglos agroforestales**

Consiste en el reconocimiento general de la zona y predios aledaños a los sistemas encontrados desde el punto de vista del investigador o ingeniero, con el fin de apoyar la información específica del sistema observado en aspectos tecnológicos, ecológicos, económicos y sociales. Para la recolección de la información de campo se usa como guía las herramientas del Diagnóstico Rural Rápido (DRR), para recolectar información basada en la experiencia de las comunidades donde están trabajando.

#### **3.5.6 Charla con el productor o conocedor del sistema identificado**

En esta etapa se intercambian opiniones con el productor en lo concerniente a la dinámica de manejo, sostenibilidad, productividad y otros aspectos de interés del investigador. Esa información puede ser enriquecida con la opinión de los técnicos y profesionales de la zona.

#### **3.5.7 Registro fotográfico**

Esta herramienta es un apoyo a la visualización y análisis posterior de los casos observados, además de servir como material educativo y de extensión en las capacitaciones y presentaciones en el diseño participativo de estrategias de intervención.

### 3.5.8 Herramientas de tipo gráfico

Para el análisis de la información, y de paso aumentar la participación de los productores, se utilizarán las herramientas de DRR, tales como el mapa del área, croquis de la finca, calendario estacional, perfil transversal de las fincas, entre otras.

- Perfil o corte topográfico transversal del terreno  
Mediante esta herramienta se logra visualizar los sistemas de producción por altitud. Herramienta que facilita la identificación de los problemas generados por la ubicación de los sistemas en las diferentes zonas fisiográficas.
- Mapa o croquis del terreno o de la finca  
El mapa lo dibuja el productor o conocedor del predio, con el propósito de observar desde el punto de vista del productor los cambios surgidos en el tiempo o la proyección futura del predio mediante el uso de los sistemas agroforestales.

### 3.5.9 Análisis de la información

Para la cuantificación de la información recopilada se emplea la matriz de resultados, la cual es de doble entrada que posibilita describir las características particulares de cada sistema identificado y relacionado con el total de sistemas analizados. De forma paralela se analiza la información cualitativa mediante un proceso selectivo que irá de lo particular a lo general.

La matriz de resultados apoya el proceso de selección de casos exitosos, y, a su vez, permite el inicio del proceso de definición de proyectos productivos. De esa manera se logra la identificación de prácticas informales o espontáneas del agricultor, al igual que los sistemas o modelos transferidos a las comunidades por proyectos o técnicos con el aporte respectivo de tecnologías adoptadas por los productores.

Como resultado de ese proceso se obtendrá un documento que contendrá la descripción específica de la Agroforestería en la zona, basada en el análisis de la información cuantitativa y gráfica obtenida a partir de la matriz de resultados. Igual, el producto incluye la selección de posibles proyectos su viabilidad de ejecución.

### 3.5.10 Diseño de plan agroforestal detallado

En esa etapa se elaboran los proyectos de intervención agroforestal, y se definen los usuarios con posibilidades de coinvertirlos en proyectos agroforestales, que deben quedar predefinidos en las visitas de predios y en los talleres de diagnóstico. El plan será denominado como Plan de Establecimiento y Manejo Agroforestal (PEMAF).

Como producto de ese paso, se obtendrá el plan detallado para el establecimiento de los sistemas productivos factibles de ser propuestos en marcha. Estos planes, de acuerdo con la propuesta, serán estructurados participativamente y, en cada uno, se precisará los sistemas e incluirán el conjunto de las actividades de la cadena produc-

tiva, la producción primaria industrialización, transporte, comercialización, distribución y consumo, así como la previsión de insumos y servicios. Finalmente, el plan debe de especificar los actores con nombre propio dispuestos a financiar, ejecutar y monitorear el PEMAF.

### **3.5.11 Devolución de la información**

Esta etapa se propone se incorpore como un complemento la fortaleza que se dará a la totalidad de las acciones del PEMAF y en el cual se pretende mediante la realización de un taller participativo presentar los resultados obtenidos en el proceso arriba descrito. Esta etapa de cierre del proceso asegura la credibilidad y la participación de la comunidad y la apropiación del PEMAF por parte de las comunidades beneficiarias. Además, le brinda seguridad al usuario y el da confianza del proceso y sus posibles resultados.

## **3.6 Planificación agroforestal de fincas**

Es una metodología propuesta por Somarriba (2009), generada en el CATIE Centro de investigación y enseñanza, que ha hecho significativos avances en la ciencia agroforestal. El autor enfoca la caracterización a la planificación agroforestal de fincas (PAF), como lo establecido por CONIF (2004) y combina algunas estrategias del diagnóstico y diseño agroforestal (Raintree, 1987) con el análisis FODA y otras metodologías agroforestales. La metodología PAF puede aplicarse a fincas, pequeñas y grandes, familiares o de empresas. Es ideal para agentes de extensión que visitan regularmente una finca. Sin embargo, la mayoría de aplicaciones de PAF se hace con grupos y en cortos periodos de tiempo. Esa metodología comprende varias etapas:

### **3.6.1 Diagnóstico Biofísico**

El objetivo del diagnóstico biofísico es identificar las oportunidades y limitaciones de la finca para practicar la Agroforestería. En el diagnóstico biofísico se visualiza:

1. La finca en superficies (ejemplo, número de hectáreas dedicadas a cultivos, potreros, áreas no productivas como pantanos, barrancos, entre otros) y líneas (cercas vivas, setos, rompevientos, vegetación riparia a lados de ríos y quebradas, caminos, divisiones internas y linderos de la finca, entre otros).
2. El mapeo de los sitios especiales de la finca tales como las áreas de fuertes pendientes, cauces y drenajes naturales, variaciones notorias en suelos, sitios fuertemente erosionados, zonas expuestas al viento, zonas de protección, entre otros.
3. La reconstrucción de la historia de uso de la tierra, especialmente en las áreas con poblaciones arbóreas importantes; y
4. El listado de las principales oportunidades y limitaciones de la finca y de su entorno ambiental.

### 3.6.2 Diagnóstico Agroforestal

De acuerdo con Somarriba (2009), el diagnóstico agroforestal pretende responder a las siguientes preguntas: ¿Dónde están plantadas las leñosas perennes de la finca? ¿En qué sistemas de cultivo, superficies o líneas? ¿Cuáles son las leñosas perennes (composición botánica)? ¿Cuántas son (abundancias por especie)? ¿Cuáles y cuántos bienes o servicios aportan al productor? ¿Qué efectos favorables o desfavorables ejercen sobre los otros componentes de los sistemas de cultivo donde se encuentran? (análisis de interacciones).

### 3.6.3 Diagnóstico social y económico

Consiste en determinar los objetivos, visión al futuro, oportunidades y limitaciones del grupo familiar, de la finca y de sus sistemas de producción. Los gustos, preferencias y aversiones del productor y de los miembros de la familia.

Por ejemplo, ¿No le gustan las frutas o los árboles muy altos por los rayos? ¿Le gustan los desafíos? ¿Le teme a las inversiones que no sean de corto plazo? Luego está la esfera familiar. ¿Quiénes heredarán la finca cuando el finquero se retire? ¿Cómo es la composición familiar y su cohesión? ¿Cuál es la dinámica de la familia? ¿Edades, trabajo fuera y dentro de la finca, educación? ¿Son ya mayores todos los hijos o por el contrario es una familia numerosa y todos trabajan en la finca?

En la determinación de los objetivos del productor y su familia es necesario hacer una composición de varios aspectos, que incluyen: objetivo principal del agricultor; la satisfacción de sus necesidades básicas de alimentación, energía, materiales para construcción ¿de dónde viene la leña que utiliza, qué cultivos maneja para autoconsumo? Las expectativas del desarrollo personal de los miembros de la familia (ejemplo, quieren que sus hijos lleguen a la universidad, o bien ellos tienen muchos proyectos y quieren ampliar su finca, comprando más tierra y ser productores de hortalizas). Fuentes alternas de ingresos y la prioridad de las diferentes fuentes de ingresos de la finca (ejemplo, la mayor parte de los ingresos provienen de remesas familiares, de un pequeño negocio, del salario que devenga como empleado en el pueblo cercano o de la agricultura).

La importancia relativa de los diferentes sistemas de producción de su finca, riesgo asociado (plagas, clima) y variabilidad de los rendimientos (ejemplo, tiene café, pero su interés principal radica en frutales). Su futuro como finquero (puede estar pensando en vender su finca y dedicarse a comerciante o a vivir de los intereses que genere el dinero de la venta). Las metas económicas, uso de cultivos de bajo riesgo de pérdidas, costos de establecimiento bajos o altos, capacidad para esperar retornos a largo plazo, en qué cultivos utiliza la mano de obra familiar, otros aspectos de importancia para el finquero (ejemplo, conservación de agua y suelo, ahorro, entre otros).

---

Hay que entender la finca y su entorno local, nacional e internacional, la gerencia, la comercialización de los productos y la administración de la empresa, el manejo del riesgo, la variabilidad en rendimientos, precios y mercados, las redes locales y familiares de apoyo (Juan tiene automóvil, y su primo Miguel, motosierra).

En este punto, se propone que estos aspectos tengan un fuerte apoyo de la cartografía o en su caso la cartografía social y el análisis económico y financiero tanto de la línea base como de cada una de las alternativas de mejoramiento de la finca.

## **4. | Metodologías de apoyo, frecuentemente usadas en la caracterización y tipificación de sistemas agroforestales**

---

En los diferentes métodos de caracterización se hace necesario el uso de otras metodologías para determinar o analizar aspectos específicos o particulares, las cuales serán identificadas en esta sección.

### **4.1 Identificación de problemas en los sistemas de producción agropecuaria**

Este tópico inicia con la definición de problema, que corresponde a una situación de inconveniencia, un estado negativo o una insatisfacción que no puede ser resuelta en forma autónoma por los propios afectados (vulnerabilidad). Es decir, la diferencia entre un estado deseado y la realidad; o en términos técnicos la brecha tecnológica entre las potencialidades de la zona y el país y las situaciones locales.

Entonces, es posible identificar un problema ante una oportunidad de desarrollo no aprovechada, a partir de análisis de los contextos. Entre las técnicas básicas para identificar problemas podemos anotar: revisión y análisis de fuentes secundarias (bibliografía), análisis de cuestionarios, entrevistas e inventarios aplicados a diferentes fuentes, comparación con estándares económicos, contraste de aspectos sociales, productivos u otros, consulta a expertos en el tema de interés, y la observación de la realidad en distintos niveles.

Una vez identificado el problema, se deben describir sus características, las variables que lo constituyen, su magnitud y gravedad; ello posibilita tener un indicador que resulta muy útil en los análisis de impactos. Eso se puede lograr mediante el diagnóstico participativo en el cual se identifican los problemas, los factores causales y sus consecuencias. Eso, sintetizado, es lo que se llama “árbol de problemas”, un modelo explicativo y un esquema simplificado de la realidad. Se elabora mediante aproximaciones sucesivas de causas (raíces del árbol) y efectos (ramas del árbol), en torno a un problema.

Ese método requiere que el o los problemas se describan en forma realista, clara y precisa. Precisa seleccionar y definir cuidadosamente el problema principal, que

sería el tronco del árbol. Es un procedimiento flexible y sencillo. Su eficiencia y efectividad dependen de los participantes; genera un consenso de opiniones en el proceso. Es uno de los métodos más aplicados en proyectos y programas, ya que el árbol de problemas se convierte en árbol de objetivos con solo cambiar las situaciones negativas a situaciones positivas. El árbol de objetivos es el insumo principal para la formulación de proyectos de intervención.

## **4.2 Identificación y jerarquización de problemas en sistemas productivos**

Con esta herramienta se puede identificar problemas, priorizarlos y enfocar las acciones en los problemas de mayor impacto, dependiendo de los objetivos del proyecto de intervención que se trate; ya que el analizar correctamente un problema es alcanzar la mitad de la solución. Por tanto, para analizar un problema se deben abordar los siguientes pasos: precisión, contextualización, definición de las relaciones causa-efecto, jerarquización de problemas y la priorización del problema.

En los acápite siguientes se abordan aspectos conceptuales y metodológicos que facilitan la identificación, análisis y priorización de problemas que afectan el desarrollo tecnológico en los sistemas agroforestales.

### **4.2.1 Precisión de los problemas**

El propósito es reducir el árbol de problemas y concentrarlo en al menos uno solo problema. Esto debido a las diversas interpretaciones que se le pueden dar a un problema. De igual manera se debe cuantificar la magnitud del mismo. Por ello, los problemas se pueden precisar mediante descriptores e indicadores que responden respectivamente a las preguntas: ¿Qué se entiende por el problema? ¿Cómo e cuantifica el problema?

### **4.2.2 El descriptor de los problemas**

Describe el problema y suministra la mayor información posible de él. Debe evitarse confundirlo con el descriptor, el cual remite a las causas o consecuencias del problema principal, ya que las causas o consecuencias se convierten en otro problema. Por ejemplo, el problema es la baja productividad del cacao en Tumaco en las fincas de pequeños productores; es decir el descriptor está suministrando mayor información del mismo problema con el objeto de precisarlo. Sería un error dejar como descriptor: baja fertilidad de suelos, o ataque de plagas, o bajos ingresos económicos; ya que estos son causas o consecuencias del problema.

### **4.2.3 El indicador de los problemas**

Este artilugio cuantifica el problema, y da información de su magnitud. Por ejemplo: La producción de cacao en Tumaco es de 300 kg/ha en el 95% de los productores. En ese caso, se puede visualizar que el problema de bajos rendimientos está impactan-

do a casi toda la población cacaotera del municipio y que una acción en ese sentido beneficiaría a muchas familias cacaoteras. Otro aspecto importante de ese indicador es que debe ser comparado con reportes nacionales e internacionales. En el caso del cacao se puede decir que la producción, si se la compara con el promedio nacional de 550 kg/ha o el internacional de 500 kg/ha.

#### 4.2.4 Árbol de problemas

El análisis del árbol de problemas, llamado también análisis situacional o simplemente análisis de problemas, ayuda a encontrar soluciones a través del mapeo del problema. Se identifica una vertiente superior, en la cual se ubican las causas o determinantes y se ubica una vertiente inferior en las cuales se anotan las consecuencias o efectos.

Este instrumento tiene muchas ventajas, ya que está relacionado e identifica problemas reales y presentes antes que problemas aparentes, futuros o pasados; también el problema se puede desglosar en proporciones más simples, lo que permite priorizar con mayor claridad las relaciones y la importancia de los problemas; a su vez, permite enfocar las acciones de intervención al hacer más efectivo su impacto; hay un mayor entendimiento del problema y, por lo general, interconecta con las causas más contradictorias; identifica los argumentos constitutivos y ayuda a establecer quienes son los actores y procesos en cada etapa; así también a establecer la información adicional, evidencia o recurso que se necesita para fundamentar el caso o construir un propuesta de solución; ese proceso de análisis ayuda con frecuencia a construir un sentimiento compartido de comprensión, propósito y acción; de esa forma, los problemas identificados en el árbol de problemas se convierten en soluciones (Tabla 3).

**Tabla 3.**

*Estructuración del árbol de problemas*

Efectos indirectos	Problema (1.1)	Problema (2.1)	Problema (3.1)
Efectos directos	Problema (1)	Problema (2)	Problema (3)
Problema central	<b>PROBLEMA CENTRAL</b>		
Causas directas	Problema (A)	Problema (B)	Problema (C)
Causas indirectas	Problema (a)	Problema (b)	Problema (c)

#### 4.2.5 Árbol de objetivos

Esta herramienta metodológica permite representar las situaciones esperadas al momento de resolver el problema. Se construye mediante las situaciones contrarias a las indicadas en el árbol de problemas. Para eso, los efectos se transforman en fines y las causas se transforman en medios para encarar los problemas (Tabla 4).

**Tabla 4.***Estructuración del árbol de objetivos*

Fines indirectos	Fin (1.1)	Fin (2.1)	Fin (3.1)
Fines directos	Efectos (1)	Efectos (2)	Efecto (3)
Objetivo general	<b>OBJETIVO GENERAL</b>		
Objetivos específicos	Objetivo específico (A)	Objetivo específico (B)	Objetivo específico (C)
Actividades (medios)	Actividad (a)	Actividad (b)	Actividad (c)

**4.3 Metodología alternativa para jerarquizar problemas****4.3.1 Lluvia de problemas**

Para iniciar se debe tener claro que un problema es una situación no deseada, es decir, una situación negativa que padece la comunidad en un momento determinado. Un problema no es la ausencia de su solución, sino un estado existente negativo. Del mismo modo, las causas del problema explican los motivos por los cuales se está presentando. La mejor manera de evidenciarlos es preguntándose ¿cuál es el origen del problema?

Con esta pregunta se recoge información de los afectados por el problema mediante la focalización en un aspecto específico. Por ejemplo, el problema de la baja productividad de la papa. En este sentido, la comunidad o los interesados participan indicando cuales son las causas y consecuencias de ese problema en específico.

Se pueden utilizar estrategias como brainstorming, lluvia de ideas o scamper para facilitar la obtención de la información. Por otro lado, no hay un número definido de cuántos problemas o ideas recopilar. Algunos autores indican que después de 13 problemas ya no son problemas y otros creen que como mínimo requieren de 10 ideas para tener un resultado adecuado. En fase final de esta etapa se recomienda redactar cada problema o idea de tal forma que represente claramente la situación planteada. Se describen varios ejemplos:

Incorrecto: Faltan más variedades que funcionen. Correcto: Bajo rendimiento de las variedades locales.

Los problemas se pueden codificar para una mayor facilidad de manejo y se ubican en una tabla de doble entrada, donde los encabezamientos de las filas y las columnas son los códigos de los problemas (Tabla 5)

**Tabla 5.***Organización de la lluvia de problemas*

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
P1	0									
P2		0								
P3			0							
P4				0						
P5					0					
P6						0				
P7							0			
P8								0		
P9									0	
P10										0

**4.3.2 Priorización de problemas**

Con el listado de la lluvia de problemas procedemos a utilizar la “Matriz de Vester”, un instrumento de planificación desarrollado por Frederic Vester, científico alemán que consiste en utilizar una matriz de doble entrada para contrastar los diferentes problemas (Tabla 6). Esta matriz nos ayudará a correlacionar los problemas entre sí y lograr identificar qué influencia tiene un problema sobre otro; este grado de influencia se cuantifica en una escala de 0 a 3, siendo cero (0) la carencia de influencia y tres (3) cuando hay causa fuerte. La idea es resolver la pregunta ¿por qué se presenta la situación? y ¿cómo afecta esta situación? Betancourt (2016).

**Tabla 6.***Valoración de los problemas de acuerdo a su causalidad*

Relación	Valoración
Problema A no Causa el Problema B	0
El problema A causa indirectamente o tiene una relación de causalidad muy débil en B	1
El problema A causa de forma semidirecta o tiene una relación de causalidad media en B	2
El problema A causa directamente o tiene una relación de causalidad fuerte en B	3

De la forma como se analicen las causas y consecuencias de un problema se orienta el planteamiento de su solución; un análisis incorrecto o sesgado, puede conducir a adoptar soluciones mal enfocadas (Ander y Aguilar, 2005).

### 4.3.3 Valoración de la relación entre problemas

Para calificar la causalidad, se inicia por el problema #1 de las filas comparándolo con el problema #2 de las columnas. Las preguntas que se te hacen puede ser una de las siguientes:

¿Qué tanto puede llegar a causar el problema #1 al problema #2? ¿El problema #1 causa problema #2?, luego se califica la relación de causalidad: ¿Es 1, 2 o 3? Hay que tener en cuenta que no existe la misma relación de causalidad del problema #1 con respecto al problema #2, cuando se compara con el problema #2 con el problema número #1. Por tal razón, esta matriz no es simétrica, es decir, una vez que se asigna el valor a la relación P1 vs P2; por ejemplo, de uno (1), no se debe intuir y colocar el mismo valor a la relación P2 vs P1. Se debe siempre realizar la pregunta para establecer la relación de causalidad del P2 vs el P1.

Después de completar la tabla de causalidad entre problemas (Tabla 7), se procede a determinar las influencias y dependencias, siendo la suma total de las filas las influencias y la suma total de las columnas la dependencia.

**Tabla 7.**

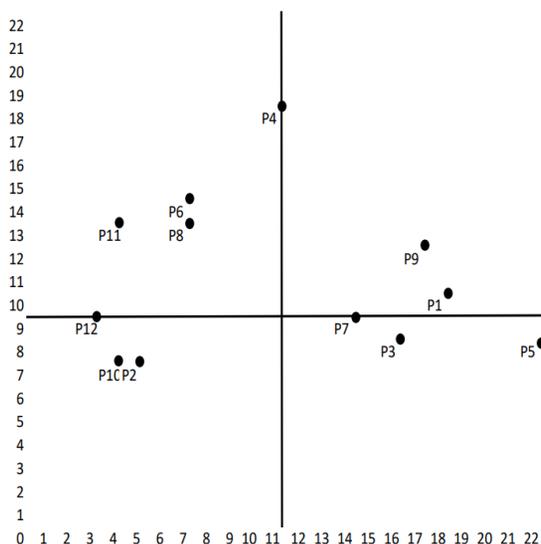
*Valoración de los problemas*

Problema	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Influencias (x)
P1	0	1	0	3	2	2	0	2	3	1	3	1	18
P2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	5
P3	2	1	0	3	1	3	2	1	0	1	1	1	16
P4	1	0	1	0	0	2	1	1	2	0	2	1	11
P5	3	2	2	3	0	3	3	1	2	1	2	0	22
P6	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	1	2	7
P7	1	0	1	3	1	1	0	3	2	0	2	0	14
P8	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	2	7
P9	1	2	2	3	3	0	1	2	0	1	1	1	17
P10	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4
P11	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	4
P12	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3
<b>Dependencias (Y)</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>125</b>

### 4.3.4 Ubicación de problemas en el plano cartesiano

En esta etapa se grafican los problemas de acuerdo con los valores de X e Y. Siendo X las dependencias y las influencias. Por ejemplo, el problema 8 (P8) tendrá en X el valor de 7 y en Y el valor de 13, formando un punto con la pareja (7, 13) y así sucesivamente.

Para crear el plano cartesiano, se identifica el problema con el valor más alto de influencia y lo vamos a dividir por dos. En nuestro caso es 22 (P5), dividido por dos da igual a 11. Vamos a trazar una recta paralela al eje Y en 11. Se hace lo mismo con las dependencias obtenemos el valor de 18 (P4), que al dividirlo por dos es igual a 9; por lo tanto, se traza una recta paralela al eje X en 9 (Figura 1).



**Figura 1.** Plano cartesiano para la ubicación de problemas según su importancia

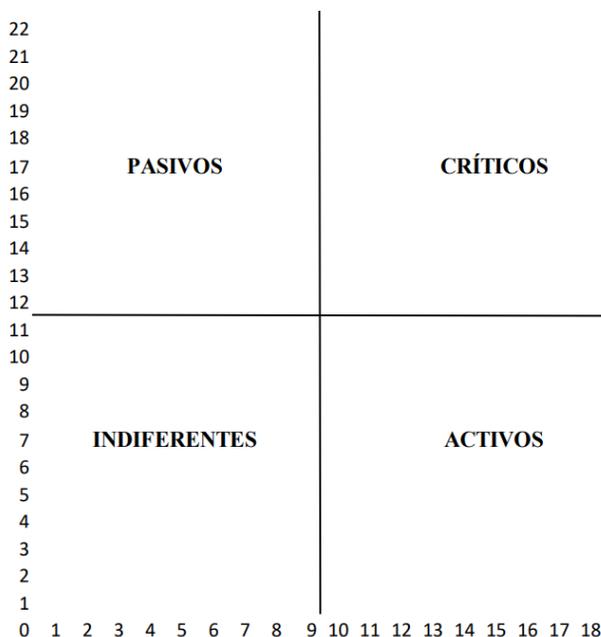
Los problemas se clasifican en el diagrama de Venn de acuerdo a su ubicación en los cuadrantes de la siguiente manera:

**Problemas críticos:** se ubican en el primer cuadrante, son problemas que tiene un total de activos y pasivos altos. Son problemas que son causados por otros y a su vez son causados por los demás. Para este ejemplo, el problema 9 (P9) tendrá el mayor valor en activos y pasivos (17, 12).

**Problemas pasivos:** Se ubican en el cuadrante dos, estos tienen un alto total de pasivo y bajo total de activo. Representan poca influencia causal. Al intervenir los problemas activos, los pasivos deberían ser solucionados o mermados.

**Problemas indiferentes:** Se encuentran en el cuadrante tres, estos problemas presentan un bajo total de activos y pasivos, es decir, ni causan a otros ni son causados. Se consideran de baja prioridad dentro del sistema analizado.

**Problemas activos:** se encuentran en el cuarto cuadrante y presentan un alto total de activos y bajo total de pasivos. No son causados por otros, pero influyen mucho en los otros criterios. Requieren atención y manejo crucial. Considerálos la causa principal de la situación problemática (Figura 2).



**Figura 2.** Plano cartesiano para la calificación de problemas según su importancia

Con esta información se construye el árbol de problemas de la siguiente manera:

Se elige uno de los problemas que se encuentran en el cuadrante de los críticos. Normalmente el problema que tenga la puntuación más alta en influencia y dependencia. Los otros problemas que se encuentren en este cuadrante, serán las causas primarias al problema central elegido. Los problemas activos corresponden a las causas secundarias o primarias en caso de que haya pocos o sólo un problema crítico. Las consecuencias o efectos son los problemas pasivos. La tabla se completa estableciendo las relaciones de los otros problemas con los problemas priorizados teniendo en cuenta que las causas directas son causadas por las causas indirectas que a la vez son las actividades ligadas a cada objetivo. Se recomienda generar dos actividades por cada objetivo (Tabla 8).

**Tabla 8.**

*Matriz para la construcción de problemas de acuerdo con su ubicación y calificación en el plano cartesiano*

Efectos indirectos	Problema (6.1)	Problema (11.1)	Problema (8.1)
Efectos directos	Problema (P6)	Problema 11)	Problema (8)
Problema central	<b>PROBLEMA CENTRAL (P9)</b>		
Causas directas	Problema (P1)	Problema (P4)	Problema (P7)
Causas indirectas	Problema (P.1)	Problema (P4.1)	Problema (P7.1)

## 4.4 Métodos de Muestreo Probabilístico

Es claro que para poder llevar a cabo un muestreo es necesario definir correctamente la población objeto de estudio, las variables a medir, los parámetros a estimar, las unidades de muestreo, el marco de muestreo y el tamaño de la muestra. Los valores que se registren para los anteriores conceptos determinan la elección del método a muestrear. En la caracterización de los sistemas de producción agroforestal este método facilita la definición del tamaño de la muestra para aplicar las variables de interés agroforestal, les da validez a los resultados y garantiza la repetitividad de los resultados.

Es una herramienta que facilita la toma de información en poblaciones finitas, las cuales debido a algún tipo de restricción no pueden ser analizadas mediante un censo. Mediante la toma de una parte representativa de la población se pretende inferir en la población en general. Dichos procedimientos son definidos por Castillo (2009), como el conjunto de directrices que se orientan acerca de la forma en que debe disponerse y elegirse las unidades de muestreo que integran la muestra y la forma de realizar los datos derivados de dicha muestra.

### 4.4.1 Muestreo aleatorio simple (MAS)

Cuando se toma una muestra y todos los miembros de una población tienen la misma probabilidad de ser seleccionados o incluidos en la muestra, se lleva a cabo un muestreo aleatorio simple, el cual se utiliza cuando las unidades de muestreo presentan características similares; es decir, cuando son básicamente homogéneas y el marco de muestreo es relativamente pequeño. Existen dos formas de extraer la muestra aleatoria simple: con reemplazo –la misma unidad de muestreo se puede incluir más de una vez–, y sin reemplazo –todas las unidades de muestreo son distintas.

Una Muestra aleatoria simple con reemplazo, de tamaño  $n$ , obtenida a partir de una población de  $N$  unidades, se puede pensar como la extracción de  $n$  muestras independientes de tamaño uno (1) (Lorhr, 2000). Una unidad se extrae de la población al azar, para ser la primera unidad muestreada, con probabilidad de  $1/N$ . Luego, la unidad muestreada se reemplaza en la población, y una segunda unidad se elige al azar con una probabilidad de  $1/N$ . El procedimiento se repite hasta que la muestra tiene  $n$  unidades y puede tener duplicados de la población. Sin embargo, en el muestreo de poblaciones finitas, el muestreo de una persona que se repite dos veces no proporciona información adicional. Por lo general se sugiere el muestreo sin reemplazo.

Una muestra aleatoria simple sin reemplazo, de tamaño  $n$ , se elige de modo que cada subconjunto posible de  $n$  unidades distintas en la población tiene la misma probabilidad de ser elegido de la muestra. De tal manera que la probabilidad de elegir cualquier muestra individual  $t$  de  $n$  unidades es:

$$P(t) = \frac{1}{N} = \frac{n!(N-n)!}{N!}$$

Como consecuencia de esa definición, la probabilidad de que cualquier unidad dada aparezca en la muestra es de  $n/N$ . Para extraer una muestra aleatoria simple usted necesita una lista de todas las unidades de muestreo que pertenezcan a la población; esta lista es el marco de muestreo; cada unidad de muestreo se identifica con un número o una letra y se utiliza un método aleatorio (números aleatorios u otro método), para extraer las unidades muestrales, de tal modo, que cada unidad tenga la misma posibilidad de ser seleccionada en la muestra y la selección de la unidad no tenga influencia de las demás unidades ya elegidas

#### 4.4.1.1 Cálculo de la media y del total poblacional

Mediante el manejo apropiado de la teoría de muestreo, se puede demostrar que algunos parámetros (*media y total*) que se calculan a partir de la muestra aleatoria son buenos estimadores de la media y del total de la población. La *Media de la muestra* ( $\bar{y}$ ) es un *estimador insesgado* de la *media poblacional* ( $\mu$ ). El total que se genera a través de la *muestra* ( $\bar{Y}$ ) es un *estimador insesgado* del *total poblacional* ( $Y_p$ ).

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

Media muestral

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2 - n\bar{y}^2}{n-1}$$

Varianza muestral

$$\bar{Y} = N \bar{y}$$

Total a través de la muestra

$$\mu \equiv \hat{y}$$

Media poblacional

$$Y_p \equiv Y$$

Total poblacional

Donde:

$Y_i$  = Valor registrado en la  $i$ -ésima unidad de muestreo de la muestra

$n$  = tamaño de la muestra

$N$  = total de unidades de muestro en que está dividida la población

$L$  = Límites para el error de estimación

En el cálculo de la *media muestral* y el *total a través de la muestra* se obtiene un número –que significa un punto–; por tanto, se dice que se lleva a cabo una *estima-*

*ción puntual* del parámetro. Cuando se calculan dos números entre los cuales se considera que se halla el parámetro buscado, se dice que se lleva a cabo una *estimación por intervalo* del parámetro. El intervalo que contiene el parámetro buscado se le conoce como *intervalo de confianza*: En el ámbito del muestreo el *intervalo de confianza* es denominado *límites para el error de estimación*.

Un *intervalo de confianza* o *límite para el error de estimación* está compuesto de dos valores: *límite inferior* (LI) y *límite superior* (LS) del intervalo respectivamente. El (LI) representa el valor mínimo que puede tomar el parámetro buscado y el (LS) el valor máximo que puede tomar el parámetro buscado. Los límites para el error de estimación se estiman al  $(1 - \alpha)$  (100%) de probabilidad.

Como se estima dos parámetros (media y total), se tienen entonces dos fórmulas en el cálculo de los límites para el error de estimación  $Z_{1 - \alpha/2} =$  Cuantil de la distribución normal estándar con una probabilidad menor o igual  $1 - \alpha/2$ .

#### 4.4.1.2 Cálculo del tamaño de la muestra

**Límites para el error de estimación de la media**

$$LI = \bar{y} - (Z_{1-\alpha/2}) \sqrt{\text{var } \bar{y}}$$

$$LS = \bar{y} + (Z_{1-\alpha/2}) \sqrt{\text{var } \bar{y}}$$

*Varianza de la media muestral*

$$\text{var}(\bar{y}) = \frac{(N-n)s^2}{Nn}$$

**Límites para el error de estimación del total**

$$LI = Y - (Z_{1-\alpha/2}) \sqrt{\text{var } Y}$$

$$LS = Y + (Z_{1-\alpha/2}) \sqrt{\text{var } Y}$$

*Varianza de la media muestral*

$$\text{var}(Y) = \frac{(N^2 - nN)s^2}{n}$$

Dependiendo del parámetro que se quiera estimar (media o total) se tienen dos opciones de cálculo para el *tamaño de la muestra*.

Tamaño de la muestra para estimar la media

$$n \geq \frac{Ns^2}{N \left[ \frac{d}{Z_{1-\alpha/2}} \right]^2 + s^2}$$

$$n \geq \frac{N^2 s^2}{\left[ \frac{d}{Z_{1-\alpha/2}} \right]^2 + Ns^2}$$

$n$  = Tamaño de la muestra

$N$  = Tamaño de unidades de muestreo en que está dividida la población

$s^2$  = Varianza muestral

$Z_{1-\alpha/2}$  = Cuantil de la distribución normal con una distribución menor o igual a  $1-\alpha/2$

$d$  = Máximo error de alejamiento con respecto al verdadero valor del parámetro que el investigador está dispuesto a aceptar

El cálculo de ambos tamaños de muestra involucra la utilización de una varianza ( $s^2$ ), lo cual pareciera ser una contradicción, en el sentido de que para poder estimar un *tamaño de muestra* se necesita conocer la *varianza* de una población que todavía no se ha estimado. En términos estadísticos, lo anterior se refiere a que es necesario conocer ciertos parámetros de la población para calcular un tamaño de muestra, el que a su vez servirá para estimar uno o más parámetros desconocidos; esto es lo que se conoce como la paradoja de Friedman (Castillo, 2009).

Tomado en cuenta lo anterior, el valor de la varianza muestra ( $s^2$ ) puede obtenerse mediante: datos recientes derivados de estudios anteriores, experiencia del investigador acerca de la variabilidad de los datos en la variable respectiva, una muestra preliminar (pre-muestreo). Para la determinación del tamaño de la muestra preliminar se debe tener en cuenta como mínimo entre el 4% y el 10% del total de unidades de muestreo que conforman la población (Lohr, 2000). En caso de no contar con la varianza se puede emplear la fórmula general del cálculo de la muestra para poblaciones finitas que consiste en:

$$n \geq \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde

$N$  = Total de la población

$Z_{\alpha}$  = 1.96 al cuadrado (si la probabilidad es del 95%)

$p$  = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)

$q$  = 1 -  $p$  (en este caso 1 - 0.05 = 0.95)

$d$  = precisión que el investigador asume

#### 4.4.2 Muestreo cualitativo

Se utiliza cuando el parámetro a estimar corresponde a una *proporción* o un *porcentaje*. En ese muestreo se registra la *presencia* o *ausencia* de la característica de interés para estimar el *porcentaje relativo* de la característica de la población. No se manifiesta la característica del estudio, solo interesa cuantificar la presencia o ausencia de la misma. Por lo general la *presencia* de la característica de interés se registra mediante el valor uno (1) y la *ausencia* mediante el valor de cero (0).

#### 4.4.2.1 Cálculo de la proporción poblacional

La fórmula para estimar la proporción muestral es:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$$

$R_i$  = Valor de 1 o 0 de la característica de interés registrado la  $i$ -ésima unidad de muestreo

$n$  = Tamaño de la muestra

La *proporción poblacional* "P" es equivalente a la *proporción muestral* "p", ya que la proporción muestral es un estimador insesgado de la proporción poblacional

$P \equiv p$

Cálculo del tamaño de la muestra para estimar la proporción

$$n \geq \frac{N p q}{N \left[ \frac{d}{z_{1-\alpha/2}} \right]^2 + p q}$$

$n$  = Tamaño de la muestra

$N$  = Tamaño de unidades de muestreo en que está dividida la población

$p$  = Proporción muestral

$q$  = Porcentaje de la población que no presenta la característica deseada

$z_{1-\alpha/2}$  = Cuartil de la distribución normal con una distribución menor o igual a  $1-\alpha/2$

$d$  = Máximo error de alejamiento con respecto al verdadero valor del parámetro que el investigador está dispuesto a aceptar

Los demás aspectos inherentes al muestreo se hacen de acuerdo con el enunciado en el Muestreo Aleatorio simple (MAS).

#### 4.4.3 Muestreo aleatorio estratificado

En muchas ocasiones existen unidades de muestreo que presentan características semejantes entre sí, pero diferentes entre las otras unidades de muestreo. Las unidades de muestreo pueden ser alojadas en bloques compactos que, en el ámbito de muestreo, se denominan *estratos*. Las unidades de muestreo de un estrato difieren de las unidades de muestreo de otros estratos, pero son semejantes entre sí. Los estratos se forman con el fin de absorber la variabilidad de las unidades de muestreo. Los estratos se establecen con base en algún factor que pueda alterar los resultados del muestreo para que no sea posible sustraerlo de las unidades de muestreo. Note la semejanza conceptual de la formación de estratos con la formación de bloques en el diseño *Bloques Completos al Azar*.

El *muestreo aleatorio estratificado* es un método de muestreo que permite hacer estimaciones acerca de parámetros de interés considerando la variabilidad de las unidades de muestreo presentes en estratos diferentes. Una muestra aleatoria estratificada se obtiene al dividir la población en grupos con características comunes llamados estratos para obtener una muestra aleatoria simple dentro de cada uno de los estratos.

#### 4.4.3.1 Cálculo de la media y del total poblacional

Mediante el manejo apropiado de la teoría de muestreo, se puede demostrar que algunos parámetros (media y total) que se calculan a partir de la muestra aleatoria estratificada son buenos estimadores de la media y del total de la población. La media de la muestra estratificada ( $y_{ES}$ ) es un estimador insesgado de la media poblacional ( $\mu$ ). El total que se genera a través de la muestra estratificada ( $Y_{ES}$ ) es un estimador insesgado del total poblacional ( $Y_p$ ).

$$MME: \underline{y}_{ES} = \frac{\sum_{i=1}^L U_i y_i}{N}$$

$$TAME: Y_{ES} = N \underline{y}_{ES}$$

$$MP: \mu \equiv \underline{y}_{ES}$$

$$TP: Y_p = Y_{ES}$$

*El símbolo  $\equiv$  significa "equivalente"*

*MME = Media muestral estratificada*

*TAME = Total a través de la muestra estratificada*

*MP= Media poblacional*

*TP= Total poblacional*

*$\underline{y}$  = media de la muestra aleatoria simple tomada en el i-ésimo estrato*

*$\bar{L}$  = número de estratos en que se divide la población*

*$U_i$  = número de unidades de muestreo presentes en el i-ésimo estrato*

*$N$  = total de unidades de muestreo en que está dividida la población =  $U_1 + U_2 + \dots + U_L$*

Teniendo en cuenta el muestreo aleatorio simple se tiene que:

$$\underline{y}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}}{n_i}$$

$y_{ij}$  = valor registrado de la j-ésima unidad de muestreo de la muestra obtenida en el i-ésimo estrato

$n_i$  = tamaño de la muestra que se tiene en el i-ésimo estrato

Límites para el error de estimación de la media estratificada

$$LI = \underline{y}_{ES} - \left( z_{1-\frac{\alpha}{2}} \right) \sqrt{\text{var}(\underline{y}_{ES})}$$

$$LS = \underline{y}_{ES} + \left( z_{1-\frac{\alpha}{2}} \right) \sqrt{\text{var}(\underline{y}_{ES})}$$

Varianza de la media muestral estratificada:

$$\text{var}(\underline{y}_{ES}) = \frac{\sum_{i=1}^L U_i^2 [\text{var}(y_i)]}{N^2}$$

Límites para el error de estimación del total:

$$LI = Y_{ES} - \left( z_{1-\frac{\alpha}{2}} \right) \sqrt{\text{var}(Y_{ES})}$$

$$LS = Y_{ES} + \left( z_{1-\frac{\alpha}{2}} \right) \sqrt{\text{var}(Y_{ES})}$$

Varianza del total a través de la muestra estratificada

$$\text{var}(Y_{ES}) = \sum_{i=1}^L \left\{ U_i^2 [\text{var}(y_i)] \right\} = N^2 \text{var}(\underline{y}_{ES})$$

$z_{1-\frac{\alpha}{2}}$  = Cuantil de la distribución normal estándar con una probabilidad menor o igual al  $1-\alpha/2$  (ver tabla de Z)

$\text{var}(\underline{y}_i)$  = Varianza de la media muestral del  $i$ -ésimo estrato

$\underline{y}_i$  = media de la muestra aleatoria simple tomada del  $i$ -ésimo estrato

$S_i^2$  = varianza de la muestra aleatoria simple tomada del  $i$ -ésimo estrato

$y_{ij}$  = valor registrado en la  $i$ -ésima unidad de muestreo de la muestra de la muestra obtenida en el  $i$ -ésimo estrato

$$\text{var}(\underline{y}_i) = \frac{(U_i - n_i) S_i^2}{U_i n_i}$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 - n_i \underline{y}_i^2}{n_i - 1}$$

#### 4.4.3.2 Cálculo del tamaño de la muestra

Con los estadígrafos obtenidos anteriormente se procede a determinar el tamaño de la muestra para determinar la media y el total.

#### 4.4.3.3 Tamaño de la muestra para estimar la media estratificada

$$n \geq \frac{\sum_{i=1}^L \left( \frac{U_i^2 S_i^2}{w_i} \right)}{N^2 \left[ \frac{d}{Z_{1-\frac{\alpha}{2}}} \right]^2 + \sum_{i=1}^L (U_i S_i^2)}$$

#### 4.4.3.4 Tamaño de la muestra para estimar el total

$$n \geq \frac{\sum_{i=1}^L \left( \frac{U_i^2 S_i^2}{w_i} \right)}{\left[ \frac{d}{Z_{1-\frac{\alpha}{2}}} \right]^2 + \sum_{i=1}^L (U_i S_i^2)}$$

El valor de  $w_i$  es determinado por el investigador. De manera común  $w_1 = w_2 = \dots = w_L$ . De este modo,  $n_i \geq n w_i$

Para determinar el tamaño de la muestra real ( $w_i$ ) de acuerdo con el nivel de importancia en cada estrato se tienen diferentes métodos:

Asignación de Neyman

$$w_i = \frac{U_i S_i}{\sum_{i=1}^L (U_i S_i)}$$

Asignación proporcional

$n$  = tamaño de la muestra común

$N$  = Total de unidades en que está dividida la población

$L$  = número de estratos en que se divide la población

$n_i$  = Número de unidades de muestreo presentes en el  $i$ -ésimo estrato

$S_i^2$  = varianza de la muestra aleatoria simple tomada en el  $i$ -ésimo estrato

$S_i$  = desviación estándar de la muestra aleatoria simple tomada en el  $i$ -ésimo estrato

$w_i$  = peso o importancia del  $i$ -ésimo estrato

$Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$  = Cuantil de la distribución normal estándar con una probabilidad menor o igual al  $1-\alpha/2$  (ver tabla de Z)

$d$  = Máximo error o alejamiento con respecto al verdadero valor del parámetro que el investigador está dispuesto a aceptar

Hay que tener en cuenta que para determinar ambos tamaños de muestra se necesita obtener una varianza diferente para cada estrato, lo cual pudiera tener efectos

contradictorios en el sentido de que para poder estimar un tamaño de muestra se necesita conocer la varianza de cada estrato que todavía no se ha estimado. En términos estadísticos, lo anterior se refiere a que es necesario conocer ciertos parámetros de la población para calcular el tamaño de la muestra que, a su vez, servirá para estimar uno o más parámetros desconocidos; esto es lo que se conoce como la paradoja de Friedman.

Teniendo en cuenta lo anterior el valor de la varianza puede obtenerse por diferentes métodos:

- Datos derivados de estudios anteriores recientes
- Experiencia del investigador acerca de la variabilidad de la población
- Tomando una muestra preliminar de entre el 4 y el 10% de la población total en estudio.

#### **4.4.4 Muestreo sistemático**

Consiste en ubicar las muestras o unidades muestrales en un patrón regular en toda la zona de estudio. Este tipo de muestreo permite detectar variaciones espaciales en la comunidad. Sin embargo, no se puede tener una estimación exacta de la precisión de la media de la variable considerada. El muestreo sistemático puede realizarse a partir de un punto determinado al azar, del cual se establece una cierta medida para medir los subsiguientes puntos. Ese tipo de muestreo, a diferencia del muestreo aleatorio, se puede planificar en el mismo lugar donde se realizará el estudio y la aplicación del diseño es más rápida.

Para citar un ejemplo, en los inventarios forestales se determina que las distancias entre las líneas de sitios serían 1.000 m y la distancia entre sitios de muestreo (parcelas) en una misma línea sería de 200 m.; en este caso es muy fácil ubicar las líneas de sitios siguiendo una dirección predeterminada, algunos caminos, ríos etc. Luego en cada línea se establece la dirección de acuerdo con el diseño establecido y se hacen las trochas con el apoyo de una brújula y una cinta métrica.

#### **4.4.5 Muestreo selectivo**

Este método tiene básicamente dos puntos de partida para su aplicación a) plantea y dirige el muestreo con base en el criterio personal del investigador, que pretende buscar sitios que representan las condiciones medias de la comunidad vegetal que se desea muestrear, o que representa todas las condiciones que pudieran encontrarse en la comunidad en estudio, b) otro punto se basa en la suposición de que se muestre al azar, por el hecho de encontrarse en lugares cuya ubicación no obedece al criterio subjetivo en forma directa, posiciones las cuales se les considera como aleatorias sin tener esa condición.

## 4.5 Metodología FODA

Herramienta para la planeación de estrategias, logra estudiar los factores internos y externos que afectan de forma positiva o negativa la actuación de una organización. Correa (2006); Ponce (2007) coinciden en afirmar que la plantilla del análisis DOFA es generalmente presentada como una matriz de cuatro secciones, una para cada uno de los elementos: Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas.

Correa y Correa (2008) plantean que el análisis DOFA está comprendido por situaciones internas y externas de la organización, a saber:

**La situación interna:** Está constituida por factores o elementos que forman parte de la misma organización. *Las fortalezas:* Son los elementos positivos que posee la organización, estos constituyen los recursos para la consecución de sus objetivos. *Las debilidades:* Son los factores negativos que posee la persona, que son internos y se constituyen en barreras u obstáculos para la obtención de las metas u objetivos propuestos.

**La situación externa:** Referida al análisis de la situación externa o ambiente que rodea a la organización y que la afecta. En ese caso también se debe considerar dos elementos principales: las oportunidades y las amenazas. *Las oportunidades:* Son los elementos del ambiente que la persona puede aprovechar para el logro efectivo de sus metas y objetivos. Pueden ser de tipo social, económico, político, tecnológico, etc. *Las amenazas:* Son los aspectos del ambiente que pueden llegar a constituir un peligro para el logro de los objetivos. En la Tabla 9, se presenta un ejemplo de la utilización de la matriz DOFA, para evaluar el establecimiento de arreglos silvopastoriles en fincas ganaderas, realizado por García y Ramírez (2014).

**Tabla 9.**

*Análisis estratégico mediante una matriz DOFA.*

Problema	Descriptor	Indicador
D1. Escaso poder de negociación de los productores con los intermediarios comercializadores.	-Los productores comercializan su producción a intermediarios (a precios fijados por los mismos transportadores)  -Desconocimiento de los acuerdos de pago de la leche por calidad higiénica y composición química.	Precios de venta por litro de leche son bajos en promedio (\$500 lt). No se reconoce bonificación adicional al precio del litro de leche por composición química y calidad microbiológica. (% de grasa > 3.2, % de sólidos totales 22-36 gr/cm <sup>3</sup> ) Baja calidad microbiológica prueba de reductasa < 4 horas
D2: Falta de motivación y sentido de pertenencia de los productores.	Faltan incentivos en cuanto a precios para el productor	No se tiene en cuenta la normativa para pago de producción de leche litro a \$500 colombianos.
D3: Baja productividad por animal y por ha. (Bajos parámetros productivos y reproductivos)	Bajos parámetros de reproducción y producción,	IEP de $\geq 14$ meses, % de natalidad de menos del 80%, baja producción 5 litros/animal-día

D4: Falta de capital de inversión y de trabajo en los procesos de producción.	Difficil acceso al crédito Alto nivel de riesgo. Bajo poder de endeudamiento	El 80% de los productores no tienen acceso a crédito bancario.
D5: insuficiente y deficiente manejo de registros técnicos y económicos.	El productor no está al tanto del manejo de animales, días abiertos, IEP, porcentajes de natalidad etc., Producción/ha, ingresos, egresos.	El 50% de los productores no maneja registros de ningún tipo.
D6: Baja calidad genética del ganado.	Poca selección de animales adaptados a las condiciones climáticas de la región.	El 100% tiene núcleo de cruces no específicos. (Los llamados siete colores).
El 100% tiene núcleo de cruces no específicos. (Los llamados siete colores).	Existe un manejo técnico inadecuado a la pastura de la zona.	El 80% no realiza ninguna práctica de manejo a las pasturas.
D8: Inadecuado manejo de suelos.	Insuficientes prácticas de protección de suelos especialmente en zonas de ladera. Presencia de cárcavas, erosión y áreas subutilizadas.	En un 50% de las fincas están ubicadas en zonas de ladera y de estas el 100% tiene presentan problemas de erosión (desde cárcava, terracetos y patas de vaca)
D9: Insuficiente asistencia técnica.	Insuficiente presencia de entidades que presten servicio de asistencia técnica productores.	El 70% de los productores afirman no recibir asistencia técnica.
D10. Altos costos de producción (altos costos de los insumos.	La margen de rentabilidad es baja. Los costos de los insumos, especialmente los suplementos o alimentos balanceados, son altos.	El valor de la sal mineralizada \$ 48.000. Bulto de melaza \$10.000

*Fuente: García y Ramírez (2014).*

Otro estudio realizado por Dago (2019), con el propósito de elaborar acciones para el manejo de especies bovinas con técnicas agroforestales en la unidad de producción El Vaquerito (Cuba), de la localidad de Plan Café, Consolación del Sur, Pinar del Río, detectó las siguientes debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas:

### **Fortalezas**

Cuentan con un personal calificado en su estructura administrativa: un Ingeniero Agrónomo y un Doctor en Ciencias Veterinarias, quienes visitan la entidad todas las semanas; además, un técnico en medicina veterinaria, así como obreros con más de tres años de experiencia.

Las instalaciones presentan las condiciones necesarias: se necesita reparación de algunas estructuras metálicas, pero tienen los cuarterones cercados con corriente, y están ubicadas en el este oeste, y poseen piso de cemento y columnas muy fuertes de cemento; el techo es de zinc venezolano con una altura aproximada a los 4 m, las naves están pintadas de blanco en su interior. Además, tienen un espacio de comedero adecuado y potreros de maternidad.

Cumplen con las medidas de bioseguridad: cercas perimetrales, desratización, prueba de la brucelosis, desinsectación y envío trimestral al laboratorio para

el análisis de heces fecales, agua, pienso, etcétera. Se friegan diariamente las naves y se pinta semanal.

Están introduciendo el método de pastoreo rotacional: la entidad está invirtiendo en acuartonar los potreros, lo que le permite poder utilizar el pastoreo rotacional con un mejor provecho y uso racional de los pastos, para que el animal consuma la mayor cantidad de pasto posible, pero siempre dejando que el pasto tenga el tiempo suficiente para que alcance su llamarada de crecimiento y que no sea presentado a dos cortes sucesivos por el diente del animal.

Presenta buena demanda el producto: en Cuba se han tomado estrategias para que se logre una mayor producción de leche en el sector privado, permitiendo satisfacer la demanda de la población y cubrir las necesidades de leche a todos los niños de 0-7 años.

Posibilidades de utilizar tecnología: existe un molino de viento para la extracción del agua, ordeño mecanizado, tractores y otros equipos.

### ***Debilidades***

Baja calidad y disponibilidad de pastos: el pasto disponible /día es de 833,7 kg/día; pasto disponible /animal 33,3 kg/animal. Este pasto disponible no satisface las necesidades del animal porque este debe consumir 50 kg de materia verde /día.

Inadecuada evacuación de las excretas: en la entidad no hay medidas para tratar los residuales, por lo cual lo dejan en el terreno y después cuando ellos consideran lo recopilan para utilizarlo en la granja agropecuaria de Puerta de Golpe.

Insuficiente secado de las vacas: en ocasiones, las vacas secan la producción de leche después de los siete meses de gestación, lo que ocasiona casos de mastitis y una disminución en la producción de leche para la próxima lactancia.

Limitadas áreas acuartonadas: cuenta con 3.601,93 ha y de estas están acuartonadas el 40 %.

Deficiente agua: la entidad presenta solamente como fuente de abastecimiento de agua un pozo y una laguna, las cuales no suplen las necesidades de dicha institución.

Manejo inadecuado de las áreas de explotación y los animales: en "El Vaquerito", el sistema de producción que se utiliza es el semiextensivo. Los pastos no se controlan, tienen grandes extensiones de tierra y sacan a los animales a pastorear por la mañana después que terminan el ordeño y los recogen de 5:30 a 6 p.m., y a las vacas en ordeño se les da en el cepo los piensos y a los demás animales no se les dan estos subproductos.

### **Amenazas**

**Bloqueo económico:** este influye negativamente en el desarrollo de la institución, debido a que nos limita la entrada de algunas tecnologías, medicamentos, y a su vez, la venta del producto obtenido en la entidad.

**Planes impuestos:** son los planes que se trazan en la entidad. Ejemplo: un plan de la entidad de 4.700 litros /año para obtener un real de 3.585 litros /año.

**Daños por plagas y enfermedades:** la entidad se ve afectada por plagas en un 20 %.

**Daños por inclemencias del clima:** la entidad sufre daños por las inclemencias del clima debido a los ciclones y las tormentas tropicales.

### **Oportunidades**

**Demanda mayor que la oferta:** en Cuba la demanda es mayor que la oferta, debido a las cualidades nutritivas que tiene el producto leche, ya que el rendimiento de dicho producto en ese país se ha visto afectado por el inadecuado manejo de los animales y el suministro de alimentos de baja calidad.

**Vínculo con otras entidades:** la entidad posee en la localidad varias instituciones en las cuales se puede apoyar para utilizar nuevas fuentes de alimentos y así abrir nuevos mercados para la venta de sus productos.

El estudio concluyó que el análisis FODA indicó el uso de las fortalezas internas de la zona con el propósito de aprovechar las oportunidades y, simultáneamente, atenuar o eliminar el efecto de las debilidades y amenazas actuales, partiendo de las fortalezas, a través de la utilización de las capacidades positivas, fomentar la crianza, multiplicación y manejo de las especies existentes.

## **4.6 Diagnóstico Rural Rápido**

El Diagnóstico Rural Rápido (DRR) surge a finales de los años setenta, en especial en el mundo de habla inglesa, con un fuerte desarrollo en Tailandia y la India. Los primeros estudios estuvieron enfocados a la etnobotánica: luego se concibió en la etnoecología, y actualmente se usa en muchos otros campos, entre ellos, para el diagnóstico de sistemas productivos como los sistemas agroforestales. Contreras *et al.*, (1998) mencionan que su importancia radica en el ambiente de conversación y diálogo que se genera; además plantean que en el DRR es más importante la validez cualitativa que la validez estadística de los diagnósticos.

## 4.7 Diagnóstico Rural Participativo

El Diagnóstico Rural Participativo (DRP) se puede considerar una continuación del DRR, pero con énfasis en otros aspectos. No solo atribuye valor al conocimiento de la gente rural, sino también a sus capacidades de diagnosis y análisis. El agente externo pasa de ser “el que explicita información” a ser “el que cataliza la generación de información”, y la gente local pasa de ser “la que se investiga” a “la que investiga” (Contreras et al., 1998).

Por su parte, Verdejo (2006) plantea que el Diagnóstico Rural Participativo (DRP) es un conjunto de técnicas y herramientas que permite a las empresas y comunidades hacer su propio diagnóstico, a través de compartir las experiencias y los conocimientos de los participantes de los sistemas productivos investigados, para mejorar así las habilidades comunicativas. Bracagioli (2014), citado por Salles (2019), plantea que el DRP utiliza varias fuentes de información para garantizar la calidad y complementariedad (principio de triangulación de datos), pero no requiere grandes acumulaciones de datos sistemáticos, ya que llevaría mucho tiempo realizar las encuestas en campo y realizar interpretación de datos (Verdejo, 2006).

## 4.8 Inventarios florísticos

Dentro de la caracterización agroforestal los inventarios florísticos son fundamentales, debido a que permite determinar o reconocer parte de la biodiversidad. Los inventarios se consideran como el reconocimiento, ordenamiento, catalogación, cuantificación y mapeo de entidades naturales como genes, individuos, especies, poblaciones, comunidades, ecosistemas o paisajes (UNEP, 1995). La tarea de identificar los seres vivos que existen o que han existido en la tierra, se lleva a cabo mediante inventarios biológicos, los cuales se definen como la lista de taxones presentes en un sitio, donde el resultado más común que se origina es un listado de especies de aquella área de estudio determinada (Fagua, 2003).

La información obtenida sirve para obtener una caracterización de la biodiversidad; pueden tener aplicación en sistemática, ecología, biogeografía y manejo de ecosistemas, entre otros. Ellos aportan información del estado de conservación de la biodiversidad, la detección y evaluación de cambios biológicos y ecológicos, y la estimación de la proporción de la biodiversidad que falta inventariar (Villareal *et al.*, 2006). Las metodologías propuestas en los inventarios forestales se ajustan para aplicarlos en los sistemas de producción agroforestal, especialmente, para caracterizar áreas grandes con sistemas silvopastoriles, sistemas tradicionales de producción, entre otros.

Generalmente para estudiar la biodiversidad se debe establecer la escala geográfica, definir cuáles son las características locales y cuáles son las regionales, para asociarla a las medidas de la diversidad como son la diversidad alfa, beta y gamma. El número de especies o diversidad alfa ( $\alpha$ ) está referida a un nivel local y refleja la co-

existencia de las especies en una comunidad, corresponde con la riqueza de especies que hay en una unidad paisajística o en un hábitat determinado. Ejemplo: Un bosque caducifolio templado y un bosque tropical, de 100 hectáreas cada uno.

Por otra parte, la diversidad beta ( $\beta$ ) se refiere a la medida del grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en una región; este indicador refleja la respuesta de los organismos a la heterogeneidad espacial. Finalmente, la diversidad gamma ( $\gamma$ ) que corresponde con la riqueza de especies de una región determinada. Engloba los conceptos de diversidad alfa y beta. Por ejemplo, un país como Kenya, localizado en la parte ecuatorial de África, tiene más especies de aves (aprox. 1.000) que Inglaterra (200 especies) a pesar de que tienen casi la misma extensión.

#### 4.8.1 Tipos de muestreo de la vegetación

El tipo de muestreo de la vegetación a escoger en un proceso de caracterización agroforestal dependerá de varios factores, como los que se enuncian a continuación:

- De la escala con la cual se va a trabajar
- Del tipo de sistema, arreglo o técnica agroforestal
- Del objetivo del estudio de caracterización
- De los patrones de distribución de las especies dentro de los sistemas
- Del área del terreno

La clasificación de los inventarios del componente perenne en la Agroforestería puede ser ajustada o asimilada de los inventarios florísticos para bosques, pueden ser: a) el método estadístico; b) su objetivo; c) el nivel de detalle; d) el nivel geográfico.

- a) *Método estadístico*, o la forma como se obtienen los datos, estos pueden ser: i) Censo: Evalúan características de todos los individuos perennes del Sistema; ii) Muestreo: solamente se toman algunos individuos del sistema.
- b) *Su objetivo*: Estos pueden ser con fines de proveer sombra, de manejo y aprovechamiento de maderas o subproductos (Frutos, látex, entre otros), como cortinas rompeviento, como hábitat de otras especies, para fines de licenciamiento, para producción de biomasa, entre otros.
- c) *El nivel de detalle*: pueden ser: detallados (error de muestreo entre 5 y 10% y confiabilidad del 95%); semidetallados (con errores de muestreo hasta el 15% y 95% de confiabilidad); exploratorios (errores de muestreo entre 15 al 20% y confiabilidad entre el 90% y 95%); y generales (el error y la confiabilidad es definida según el objetivo de la caracterización).
- d) *El nivel geográfico*: pueden ser: Puntuales (en un solo predio, un solo arreglo); locales (en varios predios o arreglos localizados en una localidad, por ejemplo, vereda, corregimiento o municipio); regionales (dentro de varios municipios de una región); nacionales (varias regiones de un país); internacionales (varios países).

A continuación, algunos tipos de muestreos de vegetación.

#### 4.8.2 Transectos

Es un método ampliamente utilizado por la rapidez con que se mide y por la mayor heterogeneidad con que se muestrea la vegetación. Un transecto consiste de un rectángulo situado en un lugar para medir ciertos parámetros de un determinado tipo de vegetación. El tamaño de los transectos puede ser variable y depende del grupo de plantas a medirse. Por ejemplo, Gentry (1995) aplicó los transectos de 2x50 m para medir árboles y bejucos con diámetro a la altura del pecho o 1,30 m (dap) mayor a 2.5 cm. Dentro de los transectos, el autor evaluó el número de individuos presentes, registrando la altura y diámetro de cada planta.

Lo que se puede deducir de la experiencia de Gentry (1995) es que este tamaño de transectos podría ajustarse para evaluar la vegetación de los sistemas agroforestales (árboles, arbustos, herbáceas). En este caso, si se quiere evaluar la vegetación arbórea con dap mayor a 10 cm, en un transecto de 2x50 m el número de árboles de esta categoría sería poco representativo, lo que indica que el tamaño de este debe aumentarse (por ejemplo, a 10x50, 10 x 100 o 20 x 50 m).

Los ingenieros forestales generalmente utilizan transectos de 10x100 m o 10x200 m para inventariar bosques naturales. En el caso de sistemas agroforestales, zonas con árboles dispersos, sistemas silvopastoriles, a sistemas productivos tradicionales, se pueden medir con transectos ajustados a cada caso. Puesto que solo necesitan muestrear algunas especies de su interés y con categorías de mayores de 10 cm de dap. En los transectos, generalmente se miden parámetros como altura de la planta, abundancia, dap y frecuencia. Por tanto, en los sistemas agroforestales como los árboles dispersos en potreros o huertos caseros, el tamaño de los transectos debe de ser mayor que estas dimensiones para poder tomar muestras representativas de la población arbórea.

El método transectos variables es una variante de los transectos y fue propuesto por Foster y Rosenzweig (1995), para realizar evaluaciones rápidas de la vegetación. Ese método tiene como base muestrear un número estándar de individuos en vez de una superficie estándar y no requiere tomar medidas precisas de los datos. El método consiste en muestrear un número determinado de individuos a lo largo de un transecto con un ancho determinado y el largo definido por el número estándar de individuos a muestrearse. Con este método, se pueden muestrear todas las plantas o clases de plantas, separadas por formas de vida (árboles, arbustos, bejucos, hierbas, epífitas), familias (por ejemplo: palmeras), o individuos de una sola especie. También se puede hacer agrupaciones por estratos (plantas del dosel, del estrato alto, del estrato medio, del sotobosque). Para considerar el número de plantas a muestrear, se debe tomar en cuenta que usualmente es mejor hacer muchos muestreos pequeños que pocos muestreos grandes.

Foster y Rosenzweig (1995) mencionan que 50 individuos de muestreo para cada clase de plantas puede ser un número adecuado, con el cual se pueden hacer varios muestreos representativos en un solo día. El ancho del transecto es variable y depende de la clase de plantas y la densidad de individuos. Por ejemplo, si se quiere muestrear árboles en sistemas productivos tradicionales densos, el ancho del transecto será menor; mientras que en áreas como los árboles dispersos (pocos árboles) tendrá que aumentarse. Para árboles medianos (10-30 cm DAP), el ancho puede variar de 10 a 20 m para los arbustos, árboles pequeños (1-10 cm DAP), y para hierbas, la anchura puede ser de 1 a 2 m.

### 4.8.3 Método de cuadrantes

Los cuadrantes hacen muestreos más homogéneos y tienen menos impacto de borde en comparación a los transectos. El método consiste en ubicar un cuadrado sobre la vegetación, para determinar la densidad, cobertura y frecuencia de las plantas. Por su facilidad de determinar la cobertura de especies, los cuadrantes son muy utilizados para muestrear la vegetación de sabanas y vegetación herbácea. Los cuadrantes pueden ser utilizados para muestrear cualquier tipo de plantas.

El método de los cuadrantes, también conocido como el método de las parcelas, es uno de los procedimientos más utilizados en el análisis de la diversidad vegetal presente en un ambiente determinado. El tamaño de las parcelas depende del tipo de vegetación: 0,5 a 1 m<sup>2</sup> para las comunidades herbáceas, 10 a 25 m<sup>2</sup> para las comunidades arbustivas y 100 a 500 m<sup>2</sup> para los bosques.

La localización de las parcelas puede ser sistemática o aleatoria. La cantidad de parcelas varía con las comunidades vegetales presentes, los objetivos de estudio y el grado de precisión deseado. Sin embargo, la muestra debe abarcar entre el 1 y 20% del área total de la comunidad en estudio. Una vez establecidas las parcelas, las especies son identificadas individualmente y contadas.

En el caso de los sistemas agroforestales, el tamaño dependerá del tipo de sistema agroforestal, la forma de vida y de la densidad de los individuos. Para muestrear vegetación herbácea (principalmente pastos), el tamaño del cuadrante puede ser de 1 m<sup>2</sup> (1x1m); para muestrear arbustos, el tamaño puede ser de 10 m<sup>2</sup> (5x2 m) o 16 m<sup>2</sup> (4x4 m); mientras que para árboles (árboles con diámetro mayor a 10 cm de dap), los cuadrantes pueden ser de 100 m<sup>2</sup> (10x10) o 200 m<sup>2</sup> (10x20); el tamaño de los cuadrantes depende de la densidad de las plantas a medirse. Para refinar el tamaño adecuado es necesario realizar pre-muestreos, ya que se puede sobreestimar o subestimar el número de unidades muestrales a evaluar.

Para definir el tamaño de la parcela se emplea el premuestreo, que consiste en establecer la parcela básica de acuerdo con el tipo de vegetación a estudiar. Luego en el cuadrante se cuenta el número de especies y se registra en una tabla (ver Tabla 10); en ese cuadrante se duplica el valor de sus lados. En el caso de bosque ripario o barreras vivas solo se duplica el largo, ya que el ancho resulta constante.

**Tabla 10.***Registro de especies presentes en cada cuadrante inventariado.*

Especie	Número de individuos				Total de individuos
	Cuadrante 1	Cuadrante 2	...	Cuadrante n	
A					
B					
C					
D					
E					
...					
N					

Con la información de esta tabla, se puede construir la Tabla 11. En ella se detalla el área y especies acumuladas en cada cuadrante al igual que la presencia de nuevas especies. Cuando la presencia de especies se homogeniza, lo cual indica que ese es el tamaño adecuado de la parcela con la cual se van a hacer los inventarios florísticos de esos sistemas agroforestales.

**Tabla 11.***Procesamiento de la información recolectado en cada cuadrante.*

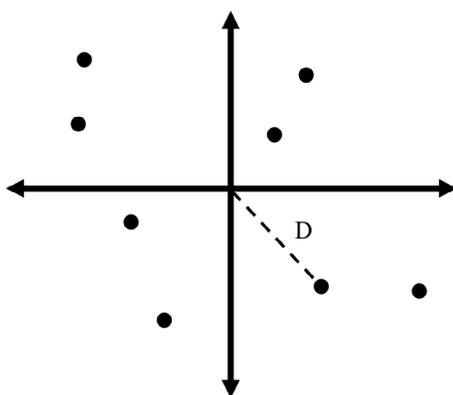
Cuadrante No.	Área acumulativa (m <sup>2</sup> )	No. de especies	No. de especies nuevas	No. Acumulado de especies nuevas
A	10			
B	20			
C	40			
D	80			
...	...			
N	n			

Después se calcula el número total de individuos, de cada especie, presentes en el sistema agroforestal analizado. Calcular la densidad (individuos/m<sup>2</sup>) de cada especie (número de individuos/área estudiada). Es de anotar que, en una comunidad ecológica, la especie dominante es aquella que cuenta con mayor número de individuos o con mayor cantidad de biomasa. Teniendo en cuenta que el índice de biodiversidad puede ser calculado como la relación entre el número de especies y el número de individuos, se pueden calcular los índices de diversidad del lugar y sus valores máximos.

Finalmente, la curva área-especie o curva del recolector permitirá determinar el tamaño de parcela óptimo para evaluar el sistema agroforestal. En tal caso, el número acumulativo de especies nuevas permanecerá estable cuando haya un aumento del área acumulativa estudiada. Con el área acumulativa (eje x) y el número de especies nuevas acumuladas se puede graficar esta información y definir cuando la curva tiende a estabilizarse.

#### 4.8.4 Punto centro cuadrado o centro cuadrante

El punto-centro-cuadrado es uno de los métodos más usados principalmente para el muestreo de árboles. Las ventajas de este método son la rapidez de muestreo, el poco equipo y mano de obra que requiere y, además, la flexibilidad de medición, puesto que no es necesario acondicionar el tamaño de la unidad muestral a las condiciones particulares de la vegetación (Mateuci y Colma, 1982). El método está basado en la medida de cuatro puntos a partir de un centro. Específicamente, consiste en ubicar puntos a través de una línea (senda, picadas, línea imaginaria). En esa línea, cada cierta distancia (50 o 10 m) o al azar, se debe ubicar un punto a partir del cual se hará el muestreo de la vegetación. En este punto se cruzan dos líneas imaginarias, con las cuales se obtienen cuatro cuadrantes con ángulos de 90°. En cada cuadrante se debe ubicar el árbol más cercano al punto central y tomar la distancia respectiva (D) (Figura 3).



**Figura 3.** Esquema de la aplicación de la metodología del punto centro cuadrado

En cada punto se consideran solo cuatro árboles, de los cuales se pueden tomar medidas adicionales como especie, altura, dap, forma de copa, plagas y enfermedades, entre otros. Los principales parámetros obtenidos con ese método son especies, densidad, DAP y frecuencia. Para realizar los cálculos de densidad de árboles por hectárea se debe calcular el promedio de la distancia del punto centro hacia cada individuo.

El cálculo es el siguiente:

$$Dh = \frac{10000}{(\bar{d})^2}$$

$Dh$  = Densidad por hectárea

$(\bar{d})$  = Distancia promedio

También es posible calcular el área basal por hectárea. El cálculo es el siguiente:

$$AB_{ha} = \pi \left( \frac{D^2}{4} \right) * Dh$$

Donde:

*ABha* = Área basal por hectárea

*D* = Diámetro promedio a la altura de pecho

*Dh* = Densidad de árboles por hectárea

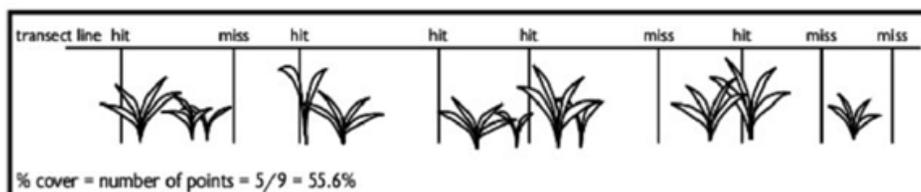
*Líneas de intercepción*

La línea de intercepción se basa en el principio de la reducción de un transecto a una línea, este método es apto para muestrear la vegetación graminoide y arbustiva. Se aplica para estudiar sistemas agroforestales densos dominados por arbustos y para caracterizar la vegetación herbácea. El método de líneas de intercepción produce datos para cálculos de cobertura y frecuencia de especies; es rápido, objetivo y relativamente preciso (Smith, 1980). La cobertura de cada especie es la proyección horizontal de las partes copas de los individuos sobre el suelo y se expresa como porcentaje de la superficie total. En las líneas de muestreo, se procede a contar todas las intercepciones o proyecciones de las plantas (ramas, tallos, hojas, flores) sobre la línea y se registra la información en una planilla.

#### 4.8.5 Puntos de intercepción

El punto de intercepción es un método utilizado para determinar la estructura y composición de una formación vegetal y está basado en la posibilidad de registrar las plantas presentes o ausentes sobre un punto del suelo (Mateucci y Colma, 1982). Este método también es apto para muestrear vegetación herbácea y arbustiva (Bonham 1989, Mostacedo & Fredericksen 2000).

En muchos casos sólo se utiliza para documentar la estructura de la vegetación, determinando la cobertura de cada una de las formas de vida en los diferentes estratos (clases de altura). Este método utiliza una varilla delgada con escala graduada, la que se fija en forma vertical para registrar aquellas plantas que se interceptan en las diferentes alturas. Luego se anota la forma de vida (hierba, gramínea, arbusto, arbusto, árbol, trepadora, epífita, etc.) de cada planta. Generalmente, los puntos se establecen cada uno o dos metros, dependiendo de la intensidad de muestreo (Figura 4).



**Figura 4.** Ejemplo ilustrativo de muestreo de puntos de intercepción en línea.

Fuente: Mateucci y Colma (1982).

#### 4.8.6 Índice de valor de importancia - IVI

Creado por Curtis y McIntosh (1951), con la premisa de que “la variación en la composición florística es una de las características más importantes que deben ser determinadas en el estudio de una vegetación”. El Índice de Valor de Importancia (IVI) es un indicador de la importancia fitosociológica de una especie, dentro de una comunidad.

Al valor que varía entre 0 y 300 y se le divide entre tres se le denomina porcentaje de importancia de cada especie, y fluctuará lógicamente de 0 a 100. A pesar de la bondad que posee ese valor para caracterizar a cada especie dentro de la comunidad vegetal, porque considera tres valores, tiene la desventaja de dar valores iguales para diferentes combinaciones de valores relativos; es decir que una especie que posea una alta densidad y baja dominancia puede tener el mismo valor que otra especie, la cual posee alta dominancia, pero baja densidad. Para la obtención de este indicador se usa la densidad, la dominancia y la frecuencia de las especies dentro de una comunidad.

Densidad o abundancia: hace referencia al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos.

Se distingue la abundancia absoluta (número de individuos por especie) y la abundancia relativa (proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos del ecosistema) (Lamprecht, 1990).

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Número total de individuos}}{\text{Área muestreada}}$$

Frecuencia: permite determinar el número de parcelas en que aparece una determinada especie, en relación con el total de parcelas inventariadas, existencia o ausencia de una determinada especie en una parcela. La frecuencia absoluta se expresa como un porcentaje (100% = existencia de la especie en todas las parcelas) y la frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies.

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{Número parcelas en las que aparece la especie}}{\text{Número total de parcelas muestreadas}}$$

Dominancia: se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en el suelo. Comúnmente se utilizan las áreas basales, debido a que existe una correlación lineal alta entre el diámetro de la copa y el fuste, lo que facilita su medición cuando se encuentran comunidades vegetales o sistemas agroforestales densos.

$$\text{Dominancia} = \frac{\text{Cobertura o área basal total}}{\text{Total del área muestreada}}$$

La suma de los valores relativos de esos parámetros de valor de importancia (VI), para cada especie, da una idea de la influencia o importancia que posee una especie en la comunidad o el sistema en estudio.

Los valores relativos se calculan por medio de las siguientes formulas:

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad de una especie}}{\text{Densidad de todas las especies}}$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{frecuencia de una especie}}{\text{Frecuencia de todas las especies}}$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia de una especie}}{\text{Dominancia de todas las especies}}$$

Por tanto, el valor de importancia resultaría de la sumatoria de todos valores relativos de los tres parámetros para cada especie estudiada.

*Indice de Valor de Importancia = Densidad relativa + frecuencia relativa + Dominancia relativa*

Como resultado del IVI, se puede tener afirmaciones acerca de la importancia de las especies en los arreglos agroforestales.

Como una recomendación, el IVI invertido, análisis de las plantas con los valores más bajos, puede ser útil para conocer especies amenazadas o en peligro de extinción.

## 4.9 Metodología MESMIS

El Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad- MESMIS, es una metodología propuesta por Masera et al en 1999. Esta es una herramienta metodológica para evaluar la sostenibilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales, con énfasis en los pequeños agricultores y en su contexto local (Masera *et al.* 1999). El marco es útil para determinar la sostenibilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales, la cual se define por siete atributos generales: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y auto seguridad. La evaluación sólo es válida para un sistema de manejo en un determinado lugar geográfico, una escala espacial (por ejemplo, parcela, unidad de producción, comunidad, etc.) y para un determinado período de tiempo. Este es un proceso participativo que requiere un equipo de evaluación interdisciplinario. Generalmente, el equipo de evaluación incluye actores locales y externos. En este no se mide la sostenibilidad por si sola; esta se hace a través de la comparación de diferentes sistemas, los cuales pueden ser un sistema tradicional, uno tecnificado y otro alternativo o concertado con los productores.

Para su desarrollo se usan atributos y criterios de diagnóstico, que se pueden ajustar dependiendo el lugar y sistema de aplicación (Tabla 12).

*Basándose en los atributos y su calificación se puede hacer un diagrama tipo amiba o redegrama donde se identifican las distancias de cada sistema comparado con otro, estén algunos casos es llamado como la brecha tecnológica.*

**Tabla 12.**

*Relación entre los atributos de los sistemas de manejo sustentable y los criterios de diagnóstico*

<b>Atributos</b>	<b>Criterios de diagnóstico</b>
Productividad	Eficiencia Retorno promedio obtenido (Rendimientos) Disponibilidad de recursos
Estabilidad, confiabilidad, resiliencia	Tendencia y variación del retorno promedio Calidad, conservación y protección de los recursos Renovabilidad del uso de recursos Diversidad biológica y económica del sistema Relación entre los ingresos del sistema y el costo de oportunidad Mecanismos de distribución del riesgo (seguros, economía moral)
Adaptabilidad	Rango de opciones técnica y económicamente sostenibles Capacidad de cambio e innovación Fortalecimiento de los procesos de aprendizaje e innovación
Equidad	Distribución de costos y beneficios entre participantes/grupo objetivo Democratización del proceso de toma de decisiones Evolución de los empleos generados
Auto dependencia (Autogestión)	Participación Dependencia de insumos y factores externos Organización Control sobre el sistema y la toma de decisiones (económicas, políticas)

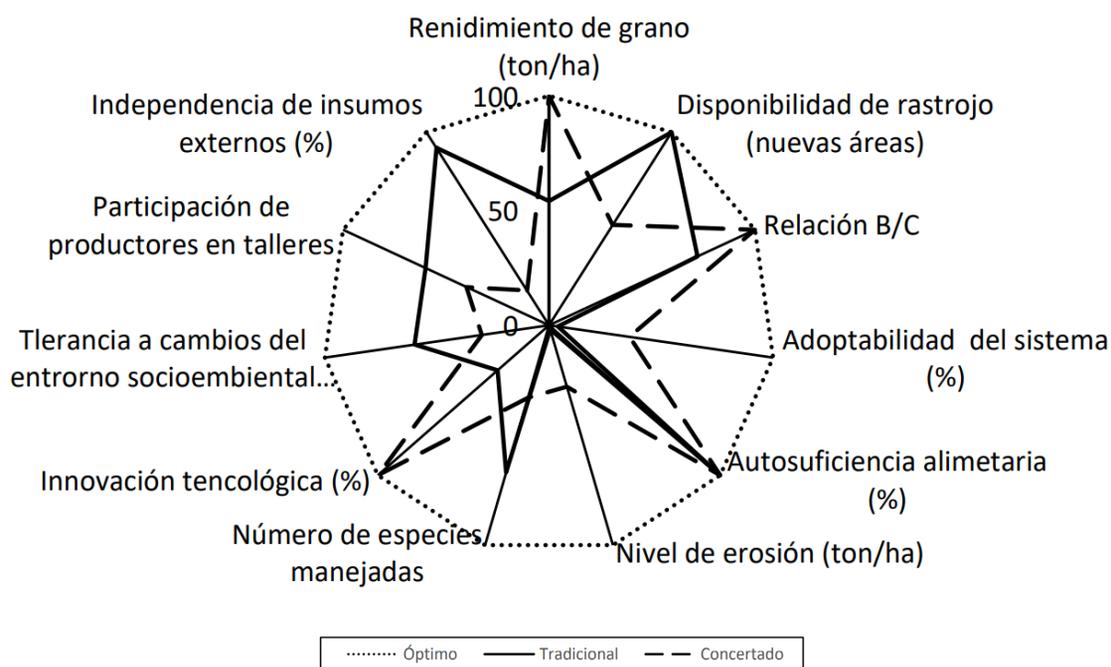
*Fuente Masera et al. (1999).*

Cada uno de estos criterios de diagnóstico es valorado en una escala constante que luego se pondera. Por ejemplo, se evalúa un sistema productivo tradicional de café en una región determinada, los valores se establecen en la Tabla 13. Estos valores se normalizan o se establecen en porcentaje, el valor generado es graficado en un redegrama con la ayuda de un software especializado (figura 5).

**Tabla 13.**  
*Ponderación de indicadores para la construcción de la AMIBA*

Indicador	Óptimo	%	Tradicional	%	Concertado	%
Rendimiento de grano (ton/ha)	2,2	100	1,2	54	2,2	100
Disponibilidad de rastrojo (nuevas áreas)	3	100	3	100	2	52
Relación B/C	1,81	100	1,32	72	1,81	100
Adoptabilidad del sistema (%)	100	100	74	4	36	36
Autosuficiencia alimentaria (%)	100	100	100	100	100	100
Nivel de erosión (ton/ha)	1,8	100	2,5	2	2,5	28
Número de especies manejadas	3	100	2	67	1	33
Innovación tecnológica (%)	100	100	30	30	100	100
Tolerancia a cambios del entorno socioambiental (%)	100	100	60	60	30	30
Participación de productores en talleres	100	100	60	60	40	40
Independencia de insumos externos (%)	100	100	21	92	92	18

Fuente: Modificado de Masera et al. (1999).



**Figura 5.** Redegrana de los atributos y criterios para la evaluación de la estructura de un agroecosistema

Los atributos y criterios se pueden adaptar para el sistema o la región en la cual se hace la evaluación dependiendo del criterio informado del investigador o extensionista (Tabla 14).

**Tabla 14.***Adaptación de los criterios e indicadores para la construcción de la AMIBA*

Atributos	Criterios de diagnóstico	Indicadores	Método de medición
Productividad	Eficiencia	Rendimiento	Muestreo para determinar peso fresco y seco
		Calidad del producto	Muestreo para determinar parámetros de calidad
	Rentabilidad	Costo/beneficio	Análisis costo - beneficio
		Demanda de trabajo	Encuesta socioeconómica
		Ingreso neto/ingreso total	Encuesta socioeconómica
Estabilidad, confiabilidad, resiliencia	Diversidad biológica	Número de especies manejadas	Inventario florístico
	Diversidad económica	Ingresos por otros cultivos	Evaluación de rendimiento
		Diversidad de mercados	Encuesta de compradores
	Vulnerabilidad biológica	Incidencia de plagas y enfermedades	Muestreo
		Erosión	Parcelas de escorrentía
		Balance de nutrientes	Análisis de suelos
	Vulnerabilidad económica	Disponibilidad de insumos	Evaluación de inventarios
		Variabilidad en los precios	Histórico de precios
	Vulnerabilidad social	Permanencia de los agricultores	Encuesta, Censo
	Adaptabilidad	Capacidad de cambio	Productores por sistema
Área por sistema			Muestreo, Censo
Equidad		Distribución de beneficios y toma de decisiones	Mecanismos de toma de decisiones
	Distribución de utilidades y beneficios		Entrevista/ encuesta
Auto dependencia (Autogestión)	Participación	Asistencia a eventos	Encuesta
	Capacitación	Número de productores/ eventos	Encuesta/ Censo
	Autosuficiencia	Dependencia de recursos externos	Evaluación in situ
	Control	Mecanismos de planeación, ejecución y seguimiento	Encuestas

Fuente: Masera et al. (2000).

#### 4.10 Uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Una de las soluciones más efectivas a la hora de manejar y visualizar datos geográficos es el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Un SIG, es una solución tecnológica que permite la captura, almacenamiento, análisis y visualización de datos georreferenciados. Esto significa que cualquier información que tenga relación con una ubicación geográfica puede ser manejada con facilidad y eficiencia en un SIG. A continuación, hablaremos de las principales funcionalidades y ventajas de los SIG.

Las funcionalidades que ofrecen los SIG son diversas. Una de ellas es la posibilidad de visualizar datos geográficos de forma clara y comprensible. Los SIG ofrecen he-

herramientas de visualización que permiten ver los datos en diferentes formatos, como mapas, gráficos y tablas. Los mapas son la forma más común de visualizar datos geográficos en un SIG, y estos pueden ser personalizados para mostrar diferentes capas de información. Por ejemplo, se pueden superponer mapas de densidad de población, mapas de zonas de riesgo, mapas de precipitaciones, entre otros, para obtener una visión completa de la situación geográfica.

Otra funcionalidad importante de los SIG es la posibilidad de analizar datos geográficos. Los SIG ofrecen herramientas de análisis que permiten realizar cálculos y procesos a los datos georreferenciados. Por ejemplo, se pueden realizar análisis de accesibilidad a servicios, análisis de cobertura de servicios, análisis de área de influencia, entre otros.

La capacidad de integración de los SIG es otra funcionalidad importante. Los SIG pueden integrarse con diferentes tipos de tecnologías, como sistemas de información, software de planificación, sistemas de seguimiento satelital, entre otros. Esto les permite conectarse con diferentes fuentes de datos y mejorar la calidad de la información generada.

Los SIG también ofrecen una gran cantidad de beneficios. Uno de ellos es la capacidad de ayudar en la toma de decisiones. Los SIG permiten tener una visión clara y completa de la situación geográfica de una entidad concreta, lo que permite a sus usuarios tomar decisiones más informadas y efectivas.

Otro beneficio de los SIG es la eficiencia en la gestión de datos. Los SIG pueden ayudar a centralizar la información geográfica en una sola plataforma, lo que facilita el acceso y la gestión de la misma. Esto, en última instancia, puede llevar a una mayor eficiencia en las tareas y procesos que requieren información geográfica.

Finalmente, los SIG también pueden mejorar la comunicación entre diferentes partes interesadas. Al tener una plataforma centralizada que permite acceder y visualizar la información geográfica, se puede mejorar la comunicación entre diferentes departamentos o entre una entidad y sus socios. Esto puede ser especialmente valioso en proyectos en los que se requiere la colaboración de múltiples actores.

En resumen, un sistema de información geográfica es una herramienta tecnológica que permite la visualización, análisis y gestión de datos georreferenciados. Las funcionalidades de los SIG son diversas y van desde la visualización de datos hasta la capacidad de integrarse con diferentes tecnologías. Los beneficios pueden ir desde la capacidad de ayudar en la toma de decisiones hasta la mejora en la eficiencia de la gestión de datos y la comunicación entre diferentes actores.

También existen los sistemas expertos ILWIS y el ALEX, que han sido ampliamente utilizados en estudios de planificación de fincas. El ILWIS es un Sistema de Información Geográfico que integra el procesamiento de imágenes, base de datos y todas las

características convencionales de los SIG en un solo sistema integrado de información. Las bases de datos tabulares y espaciales pueden utilizarse en forma independiente o conjunta. Se pueden realizar fácilmente cálculos, preguntas o simplemente análisis estadístico.

En Colombia opera el sistema de información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial - SIGOT (IGAC, 2017). El objetivo de esta herramienta es contribuir a una eficiente y oportuna toma de decisiones, al apoyar a los actores –autoridades e instancias– en el sistema de planeación nacional, regional y local, con información político/administrativa, socioeconómica y ambiental georreferenciada, que soporte la gestión del desarrollo. Esta herramienta se enmarca en los principios, objetivos y estrategias postuladas por la infraestructura colombiana de datos espaciales (ICDE). Según el IGAC (2007), facilita a los alcaldes, gobernadores y responsables de la planificación, nacional y sectorial, la elaboración de diagnósticos y el seguimiento, evaluación y control de sus respectivos planes de desarrollo, contribuye en la definición de estrategias para el ordenamiento de sus territorios y a la focalización de metas en los planes de ordenamiento territorial; además, contribuye a generar cultura en el uso de la información geográfica como base para la toma de decisiones.

Con base en lo anterior, se considera que los Sistemas de Información Geográfica desde el paralelismo con la tecnología, con los avances en el desarrollo de la web y generación de nuevos equipos para recolectar información geográfica, permiten actualmente identificar, analizar y simular el espacio usado en el desarrollo de los sistemas agroforestales.

## **4.11 Métodos estadísticos para el análisis de la información**

### **4.11.1 Estadística descriptiva**

Dada la cantidad de información que se recopila con los instrumentos de recolección de información (encuesta estructurada, semiestructuradas, entrevistas) la estadística descriptiva resulta una herramienta muy útil para describir el comportamiento de las variables analizadas. El promedio, la media, la mediana, los cuantiles y las medidas de dispersión dan información numérica acerca de las variables y permiten al investigador hacer un chequeo rápido del comportamiento de cada una de ellas. Con esta información se pueden generar gráficos, tablas y otras herramientas que permiten compilar la información y tomar decisiones acerca de las diferentes variables. No obstante, hay otras herramientas más robustas con las cuales se puede combinar la información de variables para obtener información más integral.

### **4.11.2 Correlaciones**

Esta herramienta permite obtener el grado de asociación entre variables de una manera racional. Anteriormente las relaciones entre variables era el fin de las investigaciones simples. Ahora con el avance de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC)

ciencias informáticas las técnicas multivariadas se han convertido en una opción científicamente válida para procesar la información de las caracterizaciones agroforestales.

#### **4.11.3 Estadística multivariante**

De acuerdo con Dallas (2000), los datos de variables múltiples se presentan en todas las ciencias. Casi todos los datos adquiridos actualmente por los investigadores se pueden clasificar como variables múltiples. Por ejemplo, el agricultor que cultiva papa podría interesarse en más aspectos que solo las cosechas de algunas nuevas variedades de papa. Este agricultor podría también interesarse en la resistencia de estas variedades al daño por insectos, por la sequía, por el viento, por el cambio climático, la palatabilidad, los costos de producción, entre otras. Esto genera datos con variables múltiples. Para poder profundizar en el concepto de los datos de variables múltiples es necesario abordar el concepto de una unidad experimental que es cualquier objeto o aspecto que se puede medir o evaluar de alguna manera: La medición y evaluación de unidades experimentales es la actividad principal de la mayoría de los investigadores. Ejemplos de UI podrían ser las personas, los animales, los insectos, las plantas, los países, etc. Se obtienen datos de variables múltiples siempre que un investigador mide o evalúa más de un atributo o característica en cada unidad experimental.

#### **4.11.4 Análisis de componentes principales**

Estas técnicas fueron inicialmente desarrolladas por Pearson a finales del siglo XIX y posteriormente fueron estudiadas por Hotelling en los años 30 del siglo XX. Sin embargo, se empezaron a popularizar con la aparición de los computadores.

En el ACP se usa un procedimiento matemático que transforma un conjunto de variables respuesta correlacionadas en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas conocidas como componentes principales. El análisis puede hacerse en la matriz de varianza-covarianza de las muestras o de la matriz de correlación. El mejor tipo de matriz suele depender de las variables que se están midiendo; raramente pueden interpretarse las variables recientemente creadas.

El ACP es bastante útil para los investigadores que desean realizar la división de subgrupos de las unidades experimentales similares que pertenezcan al mismo subgrupo. Las nuevas variables son combinaciones lineales de las anteriores y se van construyendo según el orden de importancia en cuanto a la variabilidad total que recogen de la muestra. De modo ideal, se buscan  $m < p$  variables que sean combinaciones lineales de las  $p$  originales y que estén no correlacionadas, recogiendo la mayor parte de la información o variabilidad de los datos.

Si las variables originales no están correlacionadas de inicio, entonces no tiene sentido realizar un análisis de componentes principales. Se recomienda realizar un análisis de correlación y eliminar las variables con menos del 30% de correlación lógica entre sí. El análisis de componentes principales es una técnica matemática que no

requiere la suposición de normalidad multivariante de los datos, aunque si esto último se cumple se puede dar una interpretación más profunda de dichos componentes.

#### **4.11.5 Análisis de correspondencias múltiples**

El análisis de correspondencias múltiple cuantifica los datos nominales (categóricos) mediante la asignación de valores numéricos a los casos (objetos) y a las categorías, de manera que los objetos de la misma categoría estén cerca los unos de los otros y los objetos de categorías diferentes estén alejados los unos de los otros. Cada objeto está lo más cerca posible de los puntos de categoría para las categorías que se aplican a dicho objeto. De esta manera, las categorías dividen los objetos en subgrupos homogéneos. Las variables se consideran homogéneas cuando clasifican objetos de las mismas categorías en los mismos subgrupos.

Ejemplo. El análisis de correspondencias múltiple se puede utilizar para representar gráficamente la relación entre el sabor, la textura y el cuerpo de café. Puede que encontremos que el sabor y el cuerpo son capaces de discriminar entre las procedencias de café, pero no así la textura. También puede que encontremos que algunas categorías de clasificación sean similares entre sí.

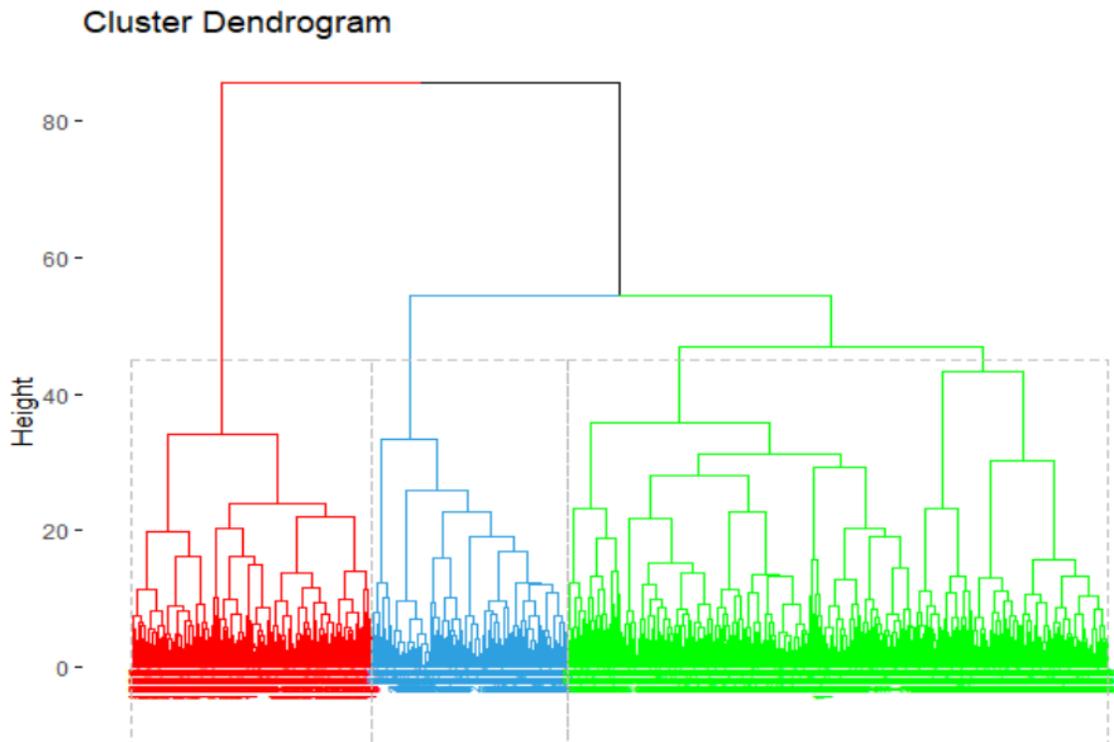
#### **4.11.6 Análisis de conglomerados (Clúster)**

El Análisis Clúster, conocido como análisis de conglomerados, es una técnica estadística multivariante que busca agrupar elementos (o variables) para lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos. El análisis Clúster tiene una importante tradición de aplicación en muchas áreas de investigación. Sin embargo, junto con los beneficios del análisis Clúster existen algunos inconvenientes. El análisis Clúster es una técnica descriptiva, atórica y no inferencial.

El análisis Clúster no tiene bases estadísticas que permita deducir inferencias estadísticas para una población a partir de una muestra; es un método basado en criterios geométricos y se utiliza fundamentalmente como una técnica exploratoria, descriptiva pero no explicativa.

Las soluciones no son únicas, en la medida en que la pertenencia al conglomerado para cualquier número de soluciones depende de muchos elementos del procedimiento elegido. Por otra parte, la solución Clúster depende totalmente de las variables utilizadas, la adición o eliminación de variables relevantes puede tener un impacto substancial en la solución resultante.

Los algoritmos de formación de conglomerados se agrupan en dos categorías: *f* Algoritmos de partición: Método de dividir el conjunto de observaciones en  $k$  conglomerados (clústeres), en donde  $k$  lo define inicialmente el usuario. En general, si se corta el dendrograma mediante una línea horizontal (Figura 6), se determina el número de clústeres en que se divide el conjunto de objetos.



**Figura 6.** Dendrograma mostrando la formación de tres clústeres de acuerdo con el objetivo de investigación.

La clasificación de los clústeres debe contener:

- a) Selección de las variables descriptoras de los individuos. En este sentido un análisis de datos es conveniente. La posibilidad de combinar secuencialmente el análisis factorial y el análisis clúster, puede ser adecuada.
- b) Seleccionar un criterio de similitud adecuado a los datos o al estudio.
- c) Seleccionar el algoritmo de clasificación más apropiado.

Existen diferentes enfoques y criterios para la formación de los clústeres de acuerdo la variabilidad de los datos y el objetivo del investigador. Cuadras (2014) propone la siguiente clasificación:

Criterios basados en distancias como indicadores de disimilaridad:

- Distancia euclídea
- Distancia euclídea normalizada
- Distancia de mahalanobis
- Otras distancias

Criterios basados en similitudes, medidas de similitud:

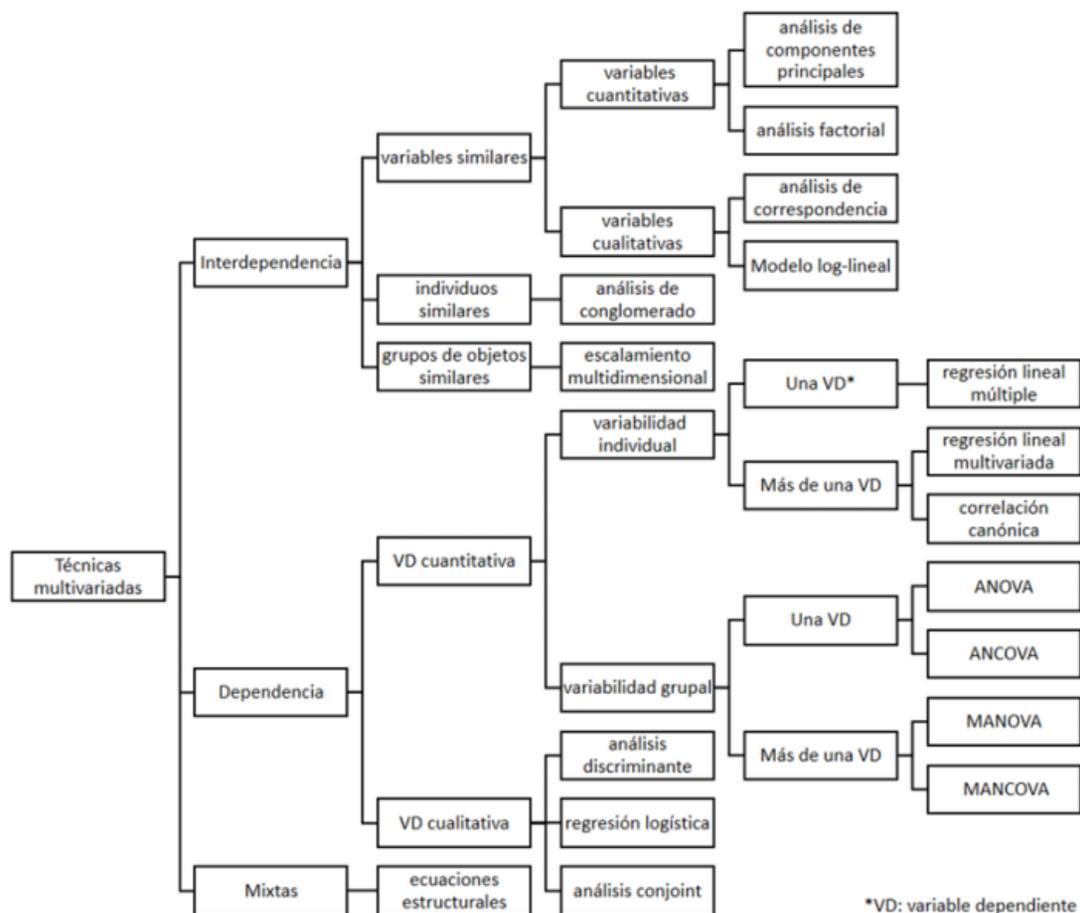
- Medidas de similitud y distancia entre grupos
- Distancia mínima (nearest neighbour distance)

- Distancia máxima (furthest neighbour distance)
- Distancia entre centroides

#### Métodos de análisis clúster

- Métodos jerárquicos
- Método de la distancia mínima (nearest neighbour o single linkage)
- Método de la distancia máxima (furthest neighbour o complete linkage)
- Método de la media (u.p.g.m.a.)
- Método del centroide
- Método de la mediana
- Método de Ward
- Método flexible de Lance y Williams

En la Figura 7, se presenta un cuadro sinóptico aproximado de las técnicas multivariantes tomado de Sagaró y Zamora (2020).



**Figura 7.** Cuadro sinóptico aproximado de las diferentes técnicas multivariantes

# 5. | Resultados de investigación en caracterización y tipificación agroforestal

---

La caracterización de los sistemas agroforestales de Rosamorada, Nayarit, México, realizada por Ballesteros (2002) muestra un ejemplo de la aplicación de las metodologías propuestas.

## 5.1 Objetivo general

Identificar y caracterizar los arreglos agroforestales de tal manera que permitan el diseño participativo de arreglos acordes con las condiciones locales, a fin de generar propuestas que admitan la elaboración de estrategias amigables al ambiente y la realización de investigaciones apropiadas para la toma de decisiones en los sistemas de producción agropecuaria.

## 5.2 Objetivos específicos

- Conocer los aspectos físicos, bióticos, geográficos, socioeconómicos y ambientales del municipio de Rosamorada, Nayarit
- Identificar los arreglos presentes en las diferentes zonas agroecológicas del municipio
- Conocer la distribución, la estructura y la función, de los arreglos agroforestales (SAF's) identificados
- Determinar las bondades y restricciones en el desempeño de los arreglos existentes.
- Diseñar sistemas agroforestales acordes a las necesidades y expectativas de los productores.
- Determinar las zonas potenciales para uso agroforestal del municipio

## 5.3 Hipótesis

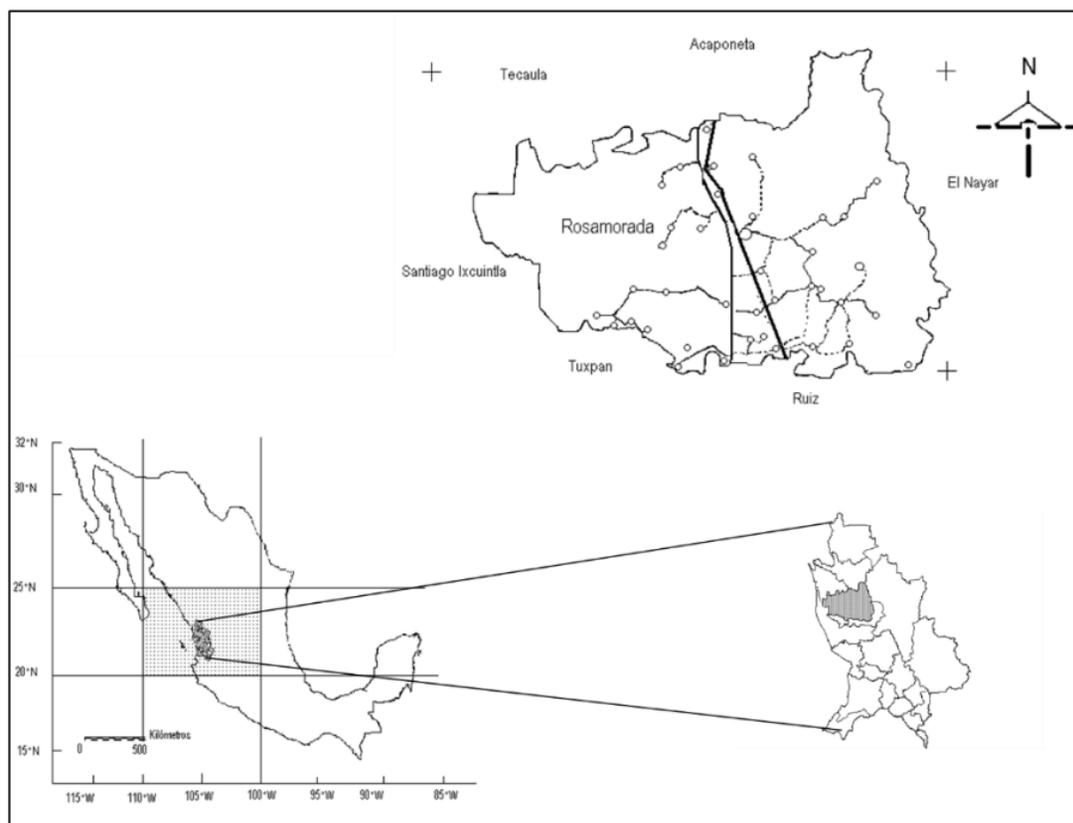
Ho 1: Se encuentran sistemas agroforestales de tipología diversa con función de utilidad, acorde a las condiciones físico bióticas y socioeconómicas locales, capaces de proveer múltiples productos y servicios.

Ho 2: Los componentes, la estructura, la función y el manejo de los sistemas agroforestales locales, varían con las dimensiones ecológicas, económicas, sociales y ambientales de la zona en estudio.

## 5.4 Metodología

### 5.4.1 Localización

El estado de Nayarit se localiza en las coordenadas 23° 05' Latitud sur, 20° 36' Latitud norte; 103°43' Longitud este y 105°46' Longitud oeste; el municipio de Rosamorada se encuentra entre las coordenadas 22° 21' de Longitud norte, 21° 56' Latitud norte y los 104° 56' Latitud oeste, 105° 37' Longitud oeste (Figura 8); representa el 6,65% de la superficie del Estado. Cuenta con altitudes que van desde 0 msnm hasta 1080 msnm; una extensión territorial de 1891.8 km<sup>2</sup> y se ubica hacia la parte oeste de Nayarit; colinda al norte con el municipio de Acaponeta, Tecuala y el Nayar, al sur con Tuxpan y Ruiz, al este con el Nayar y Ruiz y al oeste con Tuxpan, Santiago de Ixcuintla, y Tecuala; presenta una temperatura media de 25°C y precipitación media anual de 1,167 mm (INEGI, 2000), se encuentra a 90 km de la ciudad de Tepic, Figura 8.



**Figura 8.** Localización del municipio de Rosamorada, Nayarit

Fuente: (Ballesteros, 2002)

## **5.4.2 Dimensión ambiental**

### **5.4.2.1 Características físico-geográficas**

El municipio se ubica en la región diez (10) según la clasificación del INEGI (1995), formando parte de la provincia fisiográfica de la llanura costera del pacífico y la Sierra Madre Occidental. La primera incluye la subprovincia déltica del río Santiago caracterizado por un relieve casi plano donde los depósitos aluviales procedentes de las colinas litorales formaron llanuras, sistemas de esteros y lagunas alineadas paralelamente a la costa. La segunda provincia incluye la subprovincia de pie de sierra, la cual se extiende paralelamente como una franja del macizo de la Sierra Madre Occidental, por toda la frontera de esta provincia con la llanura costera, se caracteriza por ser sierra de altitud baja (140-1300 msnm), casi no existen mesetas y dominan lomeríos bajos, se trata de una región transicional entre la sierra propiamente dicha y la llanura limítrofe (INEGI, 1995).

### **5.4.2.2 Geología**

Por estar localizada en la llanura costera, presenta una naturaleza de rocas ígneas extrusivas ácidas y manchones de tobas volcánicas, en áreas muy restringidas como son: Piamonte, en la cercanía de los arroyos y ríos que surcan la zona se encuentran conglomerados; mientras que en la parte de la llanura está constituida por depósitos aluviales formados por arenas, gravas, limos y arcillas. Por último, una extensa zona formada por lagunas, esteros y cordones litorales que incluyen una multitud de pantanos entre barras arenosas. Estas sucesiones de cordones indican la retirada paulatina del mar por levantamiento de terrenos en proceso de emersión (INEGI, 1995).

En el municipio se localizan los siguientes tipos de suelos: cambisol, regosol, acrisol, solonchac, feozem y fluvisol. Los primeros en el subsuelo, forman terrones, retienen muy bien los nutrientes, mantienen a la mayoría de los cultivos, de origen pobre en nutrientes; se presentan en parte central del municipio. Los regosoles están formados por material suelto, como dunas, cenizas volcánicas, playas etc., son someros y pedregosos, se localizan en la parte serrana. Mientras que los acrisoles son de acumulación de arcillas en el subsuelo, se les considera ácidos y son de color café rojizo o amarillo con manchas rojas, se localizan en las zonas más lluviosas, tienen poca aptitud para la agricultura. El tipo feozem, tiene buena fertilidad y vocación agrícola, se localizan en los límites con el municipio de Tuxpan. Los solonchac, se ubican en la zona de marismas, cubiertos por vegetación natural, son salitrosos con poca o nula aptitud agrícola (INEGI, 1995).

### **5.4.2.3 Topografía**

Según INEGI, (1995), el municipio presenta un relieve plano en las llanuras, formado por aluviones, ocurren inundaciones en la época de lluvias, se localizan en esteros y marismas alineadas paralelamente a la costa; se puede estimar una pendiente me-

nor de los 2º y una altitud menor de 50 msnm en dirección este oeste. La zona presenta un paisaje de lomerío con pequeños valles, con altitudes de 50 a 120 msnm. La zona de sierra propiamente dicha es la estribación de la sierra madre occidental; muy accidentada, con elevaciones que van desde los 120 a los 1080 msnm.

### 5.4.2.4 Clima

Los climas existentes corresponden a climas cálido subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad, cálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media, cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. De acuerdo a la estación meteorológica de Rosamorada (Clave 18-013); la oscilación térmica durante los años registrados (1980-1999), es menor a 10°C, siendo los meses más cálidos junio, julio, agosto, septiembre y octubre con temperaturas mayores de 25°C y los más fríos diciembre, enero, febrero y marzo con temperaturas menores de 20°C.

Para la comprensión de las interacciones entre el agua que se precipita, y el agua que es devuelta a la atmósfera, se utiliza un tipo de balance hídrico semirrealista (Figura 9), el cual esquematiza el flujo del agua atmosférica, las escorrentías en las partes altas de la cuenca; no se contabiliza el agua subterránea (fluctuación del nivel freático), o el subsidio que recibe el sistema producto de las escorrentías superficiales y subterráneas de las partes altas.

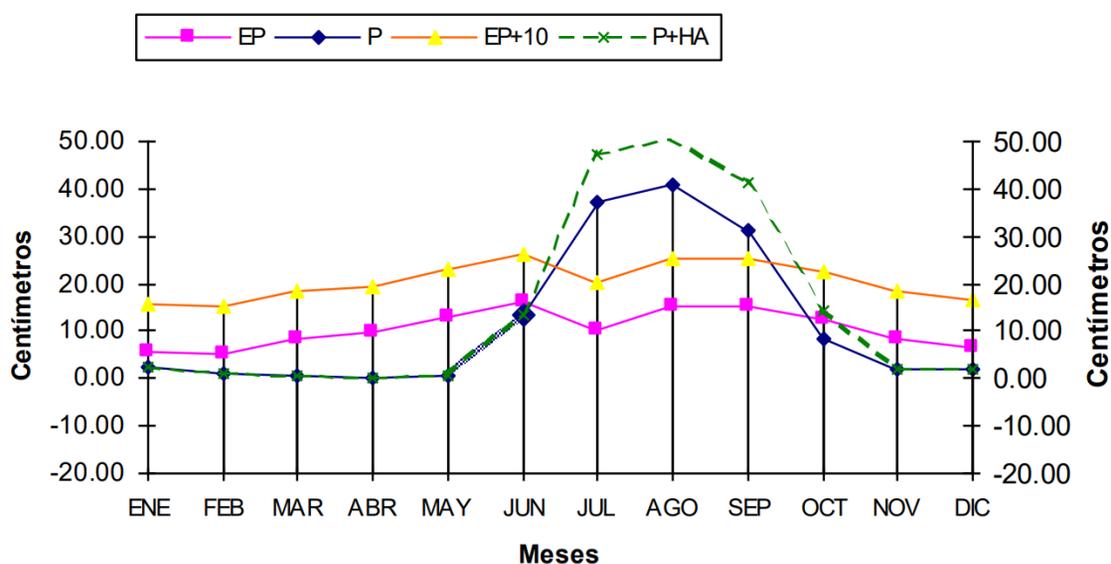


Figura 9. Climograma del municipio de Rosamorada, Nayarit

La representación gráfica de algunos factores climáticos, tiene por objeto esquematizar las condiciones del balance de agua en una zona determinada; se forma con datos de precipitación (P), evapotranspiración potencial (EP), agua almacenada en el suelo (HA), deficiencias de agua (D), exceso de agua (S) y el aprovechamiento del agua almacenada (AHA); la base del climograma la forman las gráficas precipitación media mensual (P), evapotranspiración potencial (EP), de las cuales se derivan

otras dos que son: evapotranspiración potencial más diez centímetros (EP+10) y la precipitación más el agua almacenada en el suelo (P+HA), cuya suma coincide con la precipitación (P) cuando no hay agua almacenada en el suelo (P+HA) y es igual a la precipitación (P). Las áreas comprendidas bajo la línea de (EP) corresponden a deficiencias de humedad (D), o al aprovechamiento de agua almacenada en el suelo (AHA) (Jiménez, 1972).

Para Rosamorada se observa que hay un déficit hídrico en ocho meses (Figura 9), desde mediados de octubre hasta finales de junio, escenario contrario se presenta en los meses de julio hasta mediados de octubre en donde el exceso de agua es una normal, encontrándose agua acumulada o residual en el suelo desde octubre hasta diciembre.

#### 5.4.2.5 Hidrología

El municipio cuenta con recursos hídricos abundantes tanto por los cuerpos de agua dulce como por la zona estuarina de aproximadamente 19,000 ha. Este recurso se incrementa en las épocas de lluvias; los ríos y arroyos son: El Bejuco, San Juan, Tuxpeco, Rito, Naranjo, La Cofradía, San Pedro, Rosamorada, El Tuxpeño, Rancho Viejo, Mimbres, Camalote, Tigre y El Arroyo del Aguacate; también cuenta con 38 lagunas, siendo las principales: Agua Brava, El Valle, Pescadero, Cumbeño, Los Chihuiles, Los Bueyes, La Pesca y el Caimanero; cuenta también con nueve esteros siendo los más importantes El Indio, El Tallón y Las Yeguas. Todos estos recursos hidrológicos se circunscriben a las cuencas San Pedro y Acaponeta con 21,62% y 78,38% de la superficie municipal respectivamente (INEGI, 2000, García, 2000).

Hay problemas de contaminación y alteración del ecosistema de los cuerpos de agua, por causas que a la fecha no se han establecido claramente; no obstante, los productores plantean diferentes hipótesis como pesca con cianuro, alimentación del camarón en la marisma con concentrados, sólidos disueltos provenientes de las aguas arriba, aguas residuales y productos químicos; así mismo en las partes bajas o marismas se presentan problemas de asolvamiento, cambio del pH y salinidad del agua presentándose muerte del manglar.

#### 5.4.2.6 Vegetación

La vegetación predominante corresponde a selva mediana subcaducifolia, selva baja caducifolia, pastizales naturales y el ecosistema de manglar, encontrándose especies maderables como el cedro rojo (*Cedrella odorata*); guanacastle (*Enterolobium cyclocarpum*), venadillo (*Swietenia humilis*), caoba (*Swietenia macrophylla*), amapa (*Tabebuia roseae*), encino memelita (*Quercus glaucescens*), encino (*Quercus prinopsis*), encino nopis (*Quercus magnoliifolia*), medicinales, ornamentales y forrajeras (INEGI, 1995, 2000).

La gran diversidad de especies que conforman la vegetación ha sido objeto de la explotación constante, observándose áreas con poca o ninguna vegetación, ocasionada por la tala, la mecanización de la agricultura y la ganadería; en ese sentido, la

cobertura vegetal presenta afectaciones considerables siendo la más influida la de manglar conformada por dos especies mangle rojo y mangle blanco, con muerte de este en por lo menos 500 ha, y la de lomerío donde observan grandes zonas con vegetación secundaria y terciaria, mientras que en la región de la sierra existen procesos de desertización, favoreciendo los procesos de erosión (INEGI, 1995, 2000).

#### **5.4.2.7 Fauna silvestre**

La fauna es rica en diversidad, tanto en vertebrados terrestres y acuáticos como en aves, reptiles, crustáceos y peces. Los cuales se explotan sin una adecuada planificación; de estos no se tienen estudios que manifiesten el estado de cada uno; por otro lado, se encuentran pescadores y cazadores furtivos tanto del municipio como de fuera de este, que amenazan especies como el león americano, el pecarí de collar, el gavilán pintado, el halcón fajado, el cocodrilo de río y la tortuga carey entre otros (García, 2000).

### **5.4.3 Dimensión económica**

#### **5.4.3.1 Región sierra**

En esta región se desarrolla la agricultura de roza, tumba y quema, dedicando la producción en un alto porcentaje al autoconsumo; a las primeras siembras después de tumbar la vegetación se les denomina coamil, mientras que a las subsiguientes se les nombra desbrote (eliminación de los rebrotes de la vegetación inicial); el coamil no se trabaja más de tres años, debido a la pérdida de fertilidad del suelo, sin embargo existen zonas que por tener condiciones favorables se dedican a la producción comercial: Paramita, San Juan Bautista, San Marcos Cuyutlán; los principales cultivos son: maíz, frijol, sandía, sorgo y chile; con rendimientos por hectárea de 1-2 toneladas en maíz, 300-500 kilos en frijol, 800 kg en chile seco, 11-13 toneladas de sandía y en sorgo 2-5 toneladas (García, 2000).

#### **5.4.3.2 Región lomerío**

En esta zona se encuentra la transición de los dos tipos de producción: el autoconsumo y el mercado; las cantidades establecidas se invierten; la superficie dedicada al autoconsumo es menor. Aquí se encuentran mayor diversidad de cultivos, porque las condiciones de fertilidad son más benignas, encontrándose cultivos como: maíz, frijol, sorgo, chile cola de rata, sandía, tomate de cáscara, jitomate, jamaica y arroz; también hay cultivos perennes como mango, pastos, nanche, tamarindo, ciruela y arrayan y en pequeñas áreas de riego se cultiva tabaco (García, 2000).

#### **5.4.3.3 Región costa**

Es la región más dinámica, ya que presenta las mejores condiciones para desarrollar esta actividad; encontramos una agricultura cuya finalidad es 100% para mercado, con alto grado de mecanización, fertilizantes, semillas mejoradas y alta aplicación de pesticidas;

obteniendo cultivos con altos rendimientos, en esta zona se establecen cultivos de jitomate, chiles, sandía, melón, tomate, jícama, frijol, maíz, sorgo y arroz (INEGI, 2000).

#### **5.4.3.4 La ganadería**

El sector pecuario está representado por especies de bovinos, porcinos, ovinos, caprinos, equinos y avícolas; siendo el grupo más importante es el de bovinos, practicándose en tres modalidades: producción de becerros; engorda de toretes y novillos y la producción mixta en donde se realiza ordeño estacional (invierno); en esta actividad se presentan bajos rendimientos debido a las especies utilizadas como forrajes, la fluctuación estacional, la práctica extensiva de pastoreo, sobrepastoreo y desconocimiento técnico (INEGI, 2000).

#### **5.4.3.5 Pesca**

Rosamorada por su posición geográfica en la zona costera, se inserta dentro del sistema lagunar-estuarino Teacapán-Aguabrava y su vegetación perimetral genera amplias áreas de resguardo y crecimiento de distintas especies de crustáceos y de peces, que son capturados a través de pequeñas obras rústicas que confinan la fauna que migra, en este sitio también aplican alimento balanceado para agrupar un mayor número de individuos, capturándolos con ayuda de una atarraya (NEGI, 1995, García, 2000).

#### **5.4.3.6 Actividad forestal**

La riqueza de los bosques contrasta marcadamente con la pobreza de los pueblos, ya que tradicionalmente la silvicultura ha generado poco empleo y mayor parte de las utilidades las obtienen las empresas concesionarias y los madereros locales; las especies más utilizadas son: cedro rojo; guanacastle, venadillo, caoba, amapa; este subsector presenta varios inconvenientes para su aprovechamiento: caminos, incendios, conversión de las áreas forestales, tala clandestina y alta demanda de madera. (INEGI, 2000; García, 2000).

### **5.4.4 Dimensión social**

#### **5.4.4.1 Población**

El crecimiento de la población presentó un comportamiento normal hasta 1990 (35,797 habitantes), en 1995 se muestra un decremento que está alrededor del 2,2%, existiendo en los períodos de 1990-1995 y 1995-2000 valores negativos de -0.4 y -0.2% respectivamente, lo que refleja flujo de población hacia otras regiones. Se atribuye como la causa más importante de este comportamiento a la emigración hacia los Estados Unidos (INEGI, 2000).

Según los datos del INEGI (2022), la población actual del municipio es de 34,393 habitantes con tendencia decreciente, de los cuales 17,900 son hombres y 16,493 mujeres;

siendo el 37.7 % menores de 15 años, el 56.4% mayores de 15 años y el 5.9% mayores de 65 años. La población se concentra en un 60% en 11 pueblos, ubicados la mayoría en la región de la costa; el resto de población se localiza en la sierra; en promedio se presenta una densidad de población de 20 habitantes por kilómetro cuadrado.

#### **5.4.4.2 Educación**

Existen en el municipio 2 800 personas mayores de 15 años que no saben leer ni escribir, que equivale al 14% mientras que el 3555 tienen la lectura incompleta el 16% tiene concluidos sus estudios primarios y el 29% cuentan con estudios del medio básico (INEGI 2000).

#### **5.4.4.3 Tenencia de la tierra**

La propiedad rural del municipio se encuentra repartida en 32 núcleos agrarios de los cuales 25 están bajo el reconocimiento de ejidos y 7 como bienes comunales si bien la mayoría de ejidos han accedido a entrar en el programa de Certificación de Derechos Agrarios los ejidos que aún no participan se debe a problemas de linderos, poco conocimiento de los programas impartidos por la Secretaría de la Reforma Agraria (SRA), Procuraduría Agraria (PA), Registro Agrario Nacional (RAN), Comisión de Registro y Ordenamiento del Territorio (CORRET), Tribunal Agrario (TA), Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y la Secretaría de Energía, Minas e Industrias Paraestatales (SEMIP). Los Núcleos Agrarios certificados hasta el 2000 suman 20, los cuales ocupan una superficie de 45,230.60 ha, con 15,097 certificados expedidos y 6,404 beneficiarios (Procuraduría Agraria, 2000; García, 2000).

#### **5.4.4.4 Organizaciones sociales**

Existen organizaciones formales e informales que cuentan con el reconocimiento de los habitantes y de las autoridades en sus niveles de gobierno; encontrándose organizaciones de primero y segundo nivel; estas organizaciones representan a la comunidad en la resolución de conflictos de tenencia de la tierra, servicios básicos y otras actividades (García, 2000).

### **5.5 Pasos Metodológicos**

LA investigación se desarrolló en dos fases, gabinete y campo; para este tipo de investigación propositiva y comparativa fue necesario la búsqueda documental, así como las entrevistas y observaciones directas. El trabajo se complementó con investigaciones de campo, para el conocimiento en terreno de la distribución, estructura, función y manejo de los sistemas productivos.

### 5.5.1 Fase de gabinete

Comprendió la recopilación, sistematización y análisis de la información; además, del diseño de las encuestas, la aplicación del muestreo aleatorio estratificado y elaboración de un sistema de información geográfica (SIG); se utilizó material bibliográfico, mapas, procedentes de diversas instituciones gubernamentales.

### 5.5.2 Fase de campo

Incluyó las actividades de ejecución del muestreo aleatorio estratificado, aplicación de la encuesta para la recopilación de la información, recorridos, entrevistas, ubicación y visita de las fincas, inventarios florísticos, levantamiento de perfiles de vegetación, y el desarrollo de talleres participativos de diagnóstico y diseño (D&D).

En las dos fases se utilizó cartografía temática (usos, geología, suelos, vegetación, clima, etc.) Nacional, estatal, municipal en diferentes escalas, de diferentes instituciones como INEGI y el gobierno del Estado de Nayarit. Para su desarrollo la investigación se sustentó en las metodologías de Diagnóstico y Diseño (D&D) (Raintree, 1987), Agroecosistemas (Hart, 1990), Modelos edafológicos para sistemas agroforestales (Fassbender, 1993), Caracterización (CATIE/OTS, 1986); inventarios florísticos (Granados y Tapia, 1990; Soto, 2000) y el Método fisonómico propuesto por Dansereau (1957).

Para la descripción de la vegetación se utilizó el método fisonómico propuesto por Dansereau (1957); un método que analiza, caracteriza y/o expresa la estructura o función de una comunidad vegetal con el uso de fórmulas, símbolos y números para describir la vegetación. Este método considera para las descripciones fisonómicas de la vegetación la estructura y función de las plantas, y toma en cuenta: a) forma de vida; b) altura; c) cobertura; d) forma; e) tamaño; f) textura de la hoja. En cuanto a símbolos usa: 1) letras, 2) números y 3) dibujos, señalados en un sistema gráfico.

Para la recolección de datos, se aplicaron encuestas semiestructuradas (Tabla 1. Apéndice) para obtener información sobre los recursos biofísicos y socioeconómicos, los sistemas de uso de la tierra (agrícola, forestal, sistemas agroforestales / prácticas), descripción de los sistemas, estructura del sistema (especies existentes), arreglo de los componentes, manejo de los sistemas agroforestales y sus componentes, desempeño de las interacciones (tiempo y espacio), funcionamiento y restricciones.

Finalmente, mediante la metodología MESMIS (Maseras *et al.*, 1999) se trató de explicar, a través, de la integración de resultados de indicadores propuestos, el estado de los sistemas agroforestales encontrados. Sánchez (2001), en la caracterización de sistemas agroforestales en la zona alta del Mesquital utiliza esta metodología, construye y adapta índices del MESMIS, para explicar lo encontrado en forma gráfica.

Para el análisis de la información se hicieron cuadros comparativos de índices, para después exponerlos en forma gráfica; los que se construyeron con base en la información obtenida en las encuestas, corroborada y fortalecida con los recorridos y las evaluaciones realizadas directamente en las parcelas de los productores y la participación de técnicos de la Presidencia Municipal.

Con el apoyo de gráficas tipo AMIBA, se integraron los indicadores, teniendo como atributos la productividad, estabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autogestión; todos los ejes son normalizados a porcentajes, de forma tal, que la meta representa siempre el cien por cien; resultando ponderaciones de acuerdo a un nivel óptimo. Los sistemas en forma gráfica se visualizaron a través de los diagramas tipo AMOEBA (Método General para la Descripción y Evaluación de Ecosistemas, por sus siglas en holandés) (Wefering, Danielson y White, (2000) y finalmente la propuesta de zonificación agroforestal se realizó mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG).

### 5.5.3 Muestreo

Para la realización del muestreo estratificado, se decidió utilizar la fórmula general, asignando igual valor a las  $W_i$  (Importancia de los estratos) (Lohr, 2000 y Castillo 2009), la zona se subdividió en tres Estratos, de acuerdo a la carta topográfica 1:250.000 de INEGI (2000) y CGSNEGI, carta topográfica 1:50.000; los Estratos se definieron por las alturas sobre el nivel del mar. El primer Estrato, inicia en las curvas batimétricas en las marismas hasta los 10 msnm, el segundo, va de 10 msnm hasta 100 msnm y el tercero, de 100 msnm hasta 1080 msnm, que es la altura máxima en el municipio reportada por INEGI (1995).

Para la realización de esta investigación se utilizó la información del Registro Agrario Nacional Delegación Nayarit, correspondiente a Rosamorada para ejidatarios y comuneros, información ajustada con los diferentes comisariados y la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, reportando 42 localidades, que circunscriben a 25 ejidos con 8 anexos y 6 comunidades indígenas con 3 anexos; estas localidades abarcan una población ajustada de 7445 productores; no coincidiendo con lo reportado por Procuraduría Agraria (2000).

Para la obtención de la varianza, el tamaño de la muestra general y el tamaño para cada Estrato, se hizo un muestreo preliminar sin remplazo, con 10 unidades de muestreo por Estrato, teniendo como población los ejidatarios y comuneros registrados (7445), siendo, la unidad de muestreo las unidades productivas de cada agricultor en las localidades del municipio de Rosamorada, con 27 variables, un máximo error permisible de 2 unidades y una confiabilidad del 95%; con estos datos se obtuvo el tamaño de la muestra para la media estratificada con la fórmula (1) citada por Castillo (2009).

A todas las variables se les hizo el análisis de variación siendo las de mayor variabilidad, la cantidad de ganado bovino por agricultor (EAD8) (83,3444, 129.38) y el tiempo dedicado a los sistemas agroforestales (TSAF24) (118.5609) en los Estratos I, II y III respectivamente.

Después de realizado y analizado el muestreo preliminar, se optó por eliminar y fusionar algunas variables, debido a aspectos como duplicidad y aplicación de sencillas ecuaciones matemáticas para obtener la información, quedando 23 variables.

Debido a que la zona de estudio, los estratos presentan diferente número de unidades de muestreo, la distribución de las unidades muestrales en los estratos ( $n_1, n_2, n_3$ ) se aplicó la asignación proporcional (formula 2) presentada por Castillo, (2009).

$$n \geq \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{U_i^2 S_i^2}{w_i} \right)}{2} + N^2 \left[ \frac{d}{Z_{1-\frac{\alpha}{2}}} \right] + \sum_{i=1}^L (U_i S_i^2)$$

Donde:

$n$  = Tamaño de la muestra general

$N$  = Total de unidades de muestreo

$U_i$  = Total de unidades de muestreo en el Estrato  $i$

$S_i^2$  = Varianza del estrato  $i$

$L$  = número de estratos en que se divide la población

$d$  = Máximo error permisible en las unidades muestrales

$Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$  = Cuantil de la distribución normal estándar con una probabilidad menor o igual al  $1-\alpha/2$  (ver tabla de Z)

$w_i$  = peso o importancia del  $i$ -ésimo estrato

$s_i$  = desviación estándar de la muestra aleatoria simple tomada en el  $i$ -ésimo estrato

Para determinar el tamaño de la muestra real ( $w_i$ ) de acuerdo con el nivel de importancia en cada estrato se aplicó el método de asignación proporcional, utilizando la ecuación que se muestra a continuación.

$$w_i \frac{U_i}{N}$$

$N$  = Total de unidades en que está dividida la población

$U_i$  = Total de unidades de muestreo en el Estrato  $i$

Las variables utilizadas para el diseño de las preguntas en la encuesta semiestructurada se definieron como:

1. Sistemas agroforestales por productor (SAF1)
2. Especies de árboles forestales (EAM2)
3. Especies de arbustos (EA3)
4. Especies de árboles frutales (EAF4)
5. Especies de árboles de forraje (EAFR5)
6. Especies de pastos (EP6)

7. Especies agrícolas (EAG7)
8. Especies de animales domésticos (EAD8)
9. Tamaño de la unidad productiva (UP10)
10. Hectáreas en sistemas agroforestales (SAF1 1)
11. Hectáreas dedicadas a la ganadería (G12)
12. Hectáreas en cultivos agrícolas (CA13)
13. Hectáreas en bosque (B14)
14. Producción agrícola (PA16)
15. Producción pecuaria (PAN17)
16. Producción de frutas (PF18)
17. Producción de pesca (PP19)
18. Edad del productor (ED20)
19. Cantidad de miembros de la unidad familiar (UAF21)
20. Ingreso de la unidad familiar (ING22)
21. Grado de escolaridad del jefe de familiar (ESC23)
22. Tiempo dedicado a los sistemas agroforestales (TSAF24)
23. Tiempo dedicado a otras actividades (TOT25)

Mediante la Tabla de números aleatorios se determinaron las unidades de muestreo correspondientes a la muestra en cada Estrato, descartando los productores que no posean sistemas agroforestales, sustituyéndolo por el vecino más cercano. Se usaron formatos prediseñados, con los cuales se concentró la información a través encuestas semiestructuradas a productores ejidatarios, comuneros y posesionarios, quienes proporcionaron información referida al tipo, cantidad, época de cosecha y uso de las especies en los sistemas agroforestales.

#### **5.5.4 Inventario florístico de sistemas agroforestales**

Los sitios de inventario florístico se seleccionaron al azar en fincas, huertos familiares, potreros y demás sistemas productivos donde se encontraron sistemas agroforestales; estos fueron de diversos tamaños dependiendo de las condiciones del terreno, presencia de vegetación y tipo de tecnología, en donde se obtuvieron datos utilizando la metodología de inventario florístico propuesto por (Granados y Tapia 1990; Soto, 2000), los que involucraron los siguientes aspectos:

- Tipo de arreglo agroforestal
- Número de especies en el sistema
- Número de individuos por especie distribuidos en clases diamétricas
- Forma vegetal (árbol, arbusto, hierba palma, etc),
- Densidad
- Frecuencia

- Abundancia
- Índice de valor de importancia (1VI), basado en la densidad, frecuencia y abundancia
- Altura
- Área basal
- Vitalidad
- Volumen de madera de las especies forestales Espaciamiento
- Estratos del sistema

Las dimensiones de los sitios fueron de 100 y 500 m, se diseñaron parcelas rectangulares y puntos cuadrantes; para los huertos familiares se tomaron diferentes tamaños; en la descripción de la vegetación en su Estrato vertical se utilizó el método fisonómico propuesto por Dansereau (1957), y el método citado por (Granados y Tapia 1990).

### 5.5.5 Procesamiento y análisis de la información

Se obtuvo un tamaño de muestra de 98 productores, al aplicar la fórmula propuesta por Castillo (2009); para satisfacer la confiabilidad de la información (95%); se optó por ampliar este tamaño a 117 unidades y obtener así mayor confiabilidad en el muestreo. Las muestras se distribuyeron a través de los Estratos, de acuerdo a la metodología de muestreo y la asignación proporcional propuestos por Lohr (2000) y Castillo (2009), las unidades muestrales resultantes fueron: (52, 36 y 29) para los Estratos I, II y III, respectivamente.

Utilizando el software Microsoft ACCESS se diseñó una base de datos para el manejo de la información; con los programas Excel 2000 y R, se realizaron los análisis estadísticos de las 23 variables en los tres Estratos a través de tablas dinámicas, correlaciones múltiples y el análisis de componentes principales encontrando diferente tipo de relaciones.

La interpretación se realizó según el coeficiente de correlación de Pearson (1895), propuesto por Pinilla y Ortiz (2021), que supone dos variables continuas y linealmente relacionadas; el valor resultante ( $r$ ) y su correspondiente nivel de significancia se evaluó tanto la dirección (positiva y negativa) y la fuerza (entre 0 y 1) de la relación entre las dos variables teniendo en cuenta que muchos autores proponen una interpretación más allá de los números ya que correlación no significa estrictamente dependencia real.

Mediante el uso del SIG se establecieron tres estratos. El estrato I conformado por marismas, y zonas agrícolas, el estrato dos por áreas planas y onduladas utilizadas para la agricultura y la ganadería y el estrato tres con pendientes superiores al 20% con áreas dedicadas a la agricultura, la ganadería y de reserva forestal (Figura 10).

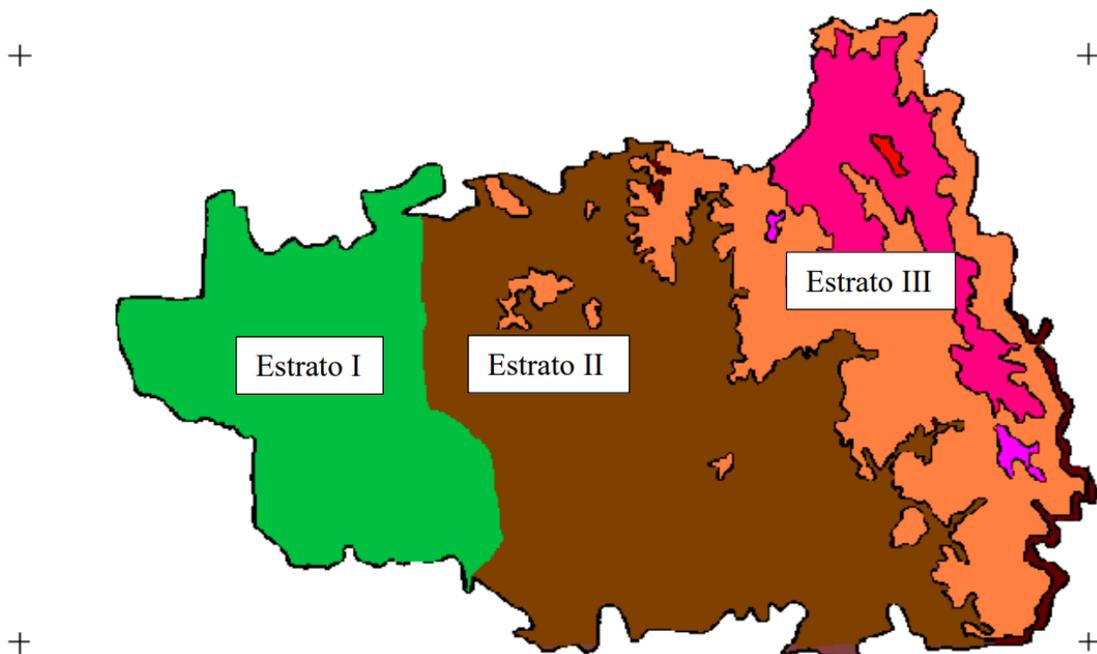


Figura 10. Estratificación del municipio de Rosamorada, Nayarit, México

### 5.6 Resultados

En el Estrato I, en el ACP se necesitaron cuatro componentes para explicar el 80% de la variabilidad (Figura 11). En este estrato se formaron tres grupos los cuales se destacan valores bajos en las variables CA13, EAG7, EP6, G12 y EAFR5. En este estrato los agricultores se dedican principalmente a la agricultura y la acuafrestería.

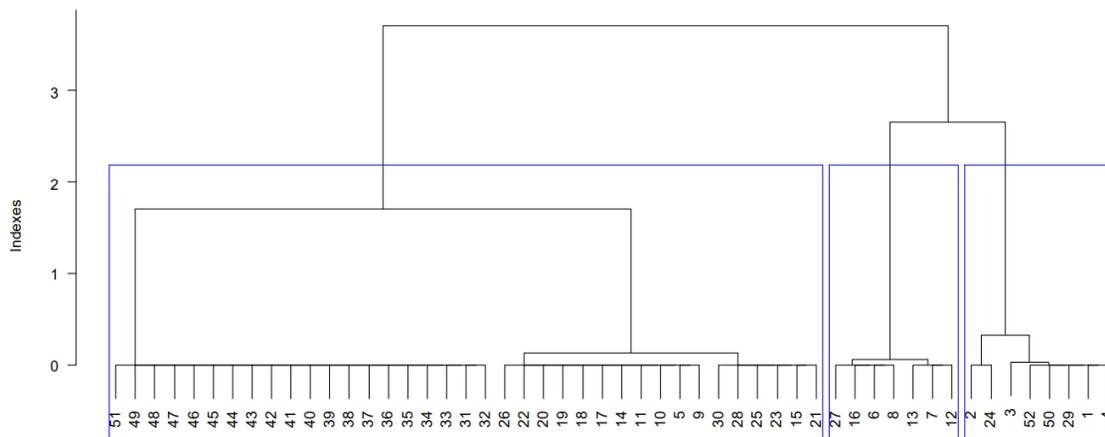
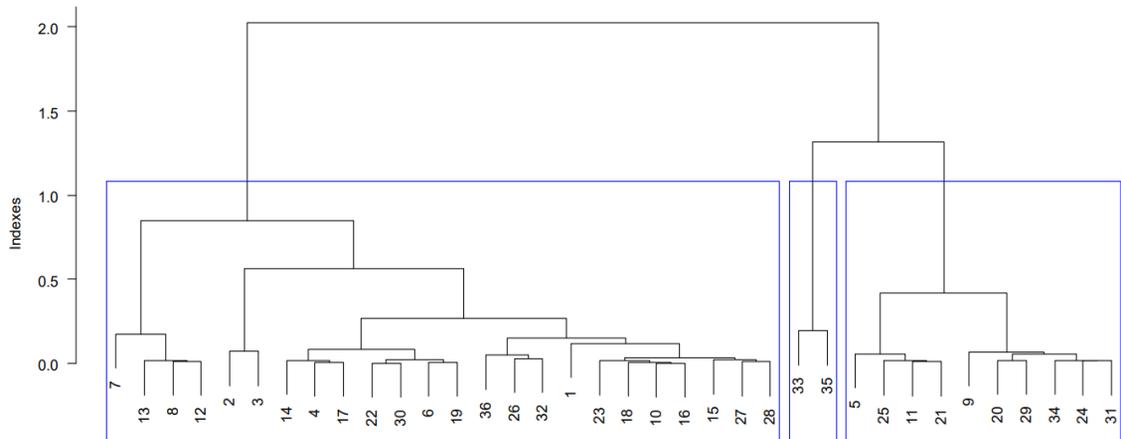


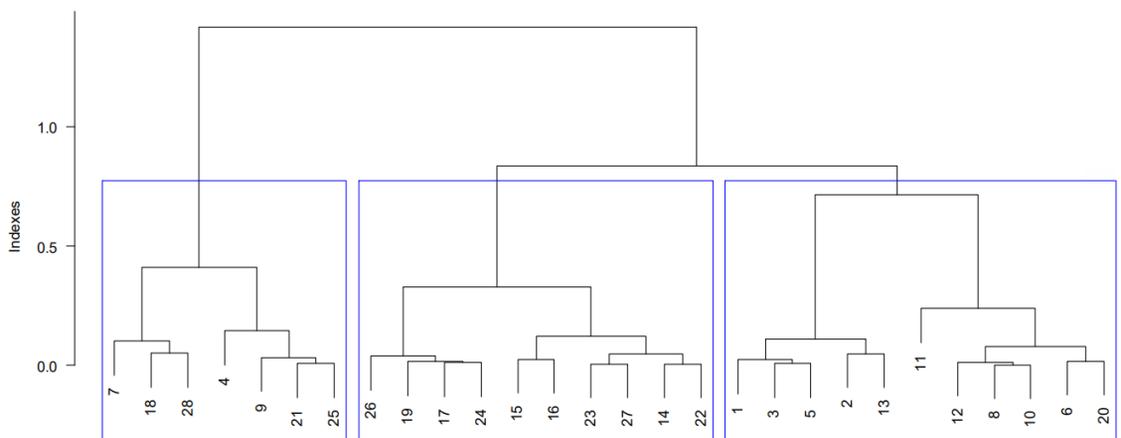
Figura 11. Dendrograma de la agrupación de los agricultores en el Estrato I del municipio de Rosamorada, Nayarit, México.

En el Estrato II, en el ACP se necesitaron cuatro componentes para explicar el 75% de la variabilidad (Figura 12). En este estrato se formaron tres grupos los cuales se destacan valores superiores en las variables EP6, CA13, TOT25. En este estrato los agricultores se dedican principalmente a la agricultura y la ganadería.



**Figura 12.** Dendrograma de la agrupación de los agricultores en el Estrato II del municipio de Rosamorada, Nayarit, México.

En el Estrato II, en el ACP se necesitaron cuatro componentes para explicar el 82% de la variabilidad (Figura 13). En este estrato se formaron tres grupos los cuales se destacan valores superiores en las variables EAFR5, EA3, UP10, G12, y SAF11, EP6, CA13, TOT25. En este estrato los agricultores se dedican principalmente a la ganadería y la agricultura.



**Figura 13.** Dendrograma de la agrupación de los agricultores en el Estrato III del municipio de Rosamorada, Nayarit, México.

### 5.6.1 Análisis estadístico de las interacciones entre variables

#### Estrato I

En la zona baja del municipio desde las curvas batimétricas (0 msnm) y los 10 msnm (Estrato 1), se identifica la presencia de los sistemas silvopastoriles, siendo el sistema acuaforestal Torquebiau (1992) el más representativo, ya que ocupa la mayor área y agrupa al mayor número de productores; en la interrelación de las variables se concluye que los componentes básicos son regidos por las variables EAFR5, EA3, CA13, EAG7, UP10, PA16, PP19, PAN17, TOT25 y CA13) (Tabla 15).

**Tabla 15.** Correlación de las variables con correlación  $> 0,75$  en el estrato I

Variable 1	Variable 2	Valor r	Significancia (Pr>F)
EAFR5	EA3	0,98	0,0001**
CA13	EAG7	0,78	0,0001**
UP10	PA16	0,80	0,0001**
PP19	PAN17	0,91	0,0001**
TOT25	CA13	0,77	0,0001**

\*\* Correlación altamente significativa \* Correlación significativa

Las interacciones demuestran las relaciones que se presentan entre el número de arbustos (EA3) en las unidades productivas y la cantidad de especies forrajeras (EAFR5), igual fenómeno ocurre si se consideran las hectáreas en cultivos agrícolas (CA13), las cuales se relacionan con las especies agrícolas (EAG7) y el tiempo dedicado a otras actividades (TOT25), del mismo modo hay una fuerte relación con el tamaño de la unidad productiva (UP10) y el volumen de producción agrícola (PA16); finalmente la producción de pesca (PP19) presentó una relación fuerte en los volúmenes de producción pecuaria (PAN17).

En este Estrato, la producción pesquera realizada en los sistemas acuaforestales (ecosistemas de manglar), se presenta como un componente importante de la producción pecuaria, alcanzando niveles de alta rentabilidad, debido a que las inversiones que los productores en la instalación, renta de la tierra, mantenimiento, compra de insumos y alimentos son mínimos, debido a la bondad del ecosistema; es de anotar que en estos lugares solo se puede realizar esta actividad debido a las particularidades de los suelos, agua y las especies adaptadas.

Para el grupo de las variables con correlación mayor que ( $>0.50$ ) según la clasificación que hace Davis (1972), se encuentran relaciones entre las especies de árboles frutales (EAF4), las especies de pastos (EP6) y las hectáreas dedicadas a la ganadería; mismas (hectáreas dedicadas a la ganadería) que se relacionan con las especies de pastos (EP6), y especies de animales domésticos (EDA8).

De esta manera, la producción agrícola (PA16) como es de suponer, se relaciona con las especies agrícolas (EAG7), pero también y de manera un poco confusa con las especies de arbustos (EA3), la variable tiempo dedicado a otras actividades (TOT25), además de relacionarse con la producción agrícola (PA16), se relaciona con las especies agrícolas (PA16).

## Estrato II

Localizado en la parte media del municipio; en este, los sistemas silvopastoriles con sus diferentes tecnologías son la normal para esta localidad (10-100 msmn), siendo los árboles en pastizales, los árboles mezclados con arbustos (forrajeros y leñosos) y los árboles en cercas vivas los sistemas agroforestales con mayor importancia.

Según el análisis de componentes las variables EAF4, EA3, UP10, EP6, SAF11, EP6, CA13, EAG7, PA16, y TOT25 son las de mayor jerarquía (Tabla 16), lo que indica, que se presentan relaciones entre las variables especies de árboles frutales (EAF4) con el número de especies de arbustos (EA3); en las unidades productivas el tamaño de estas (UP10) con la cantidad de pastos (EP6) y las hectáreas en sistemas agroforestales (SAF11), al igual que en el Estrato 1, las hectáreas en cultivos agrícolas (CA13) como es obvio se relacionan con las especies: agrícolas (EAG7), la producción agrícola (PA16), y el tiempo dedicado a otras actividades (TOT25), del mismo modo hay una fuerte relación de esta última con las especies agrícolas (EAG7); por su parte el tamaño de la unidad productiva (UP10) y el área de los sistemas agroforestales (SAF11) presentaron relaciones considerables y significativas.

**Tabla 16.** Correlación de las variables con correlación > 0,75 en el estrato II

Variable 1	Variable 2	Valor r	Significancia (Pr>F)
CA13	EAG7	0,94	0,0001**
EAF4	EA3	0,93	0,0001**
EAG7	PA16	0,90	0,0001**
UP10	SAF11	0,85	0,0001**
SAF11	EP6	0,84	0,0001**
EAG7	TOT25	0,83	0,0001**
TOT25	PA16	0,81	0,0001**
CA13	PA16	0,81	0,0001**
UP10	EP6	0,80	0,0001**
CA13	TOT25	0,77	0,0001**

\*\* Correlación altamente significativa \* Correlación significativa

Para el grupo de las variables con correlación mayor que (>0.50) se encuentran relaciones entre las variables G12, EP6, EAD8, PAN17, UP10, SAF11, ESC23, EAG7, ING22, TSAF23, CA13, PA16, PF18, TOTO25); (Cuadro 9); de éste modo las hectáreas dedi-

cadras a la ganadería (G12) se relacionan con las especies de pastos (EP6), tamaño de la unidad productiva (UP10), ganadería (G12) y el tamaño de la unidad productiva (EP10); hectáreas en sistemas agroforestales (SAF 11), especies de animales domésticos(EAD8); una relación importante es la de las especies de pastos (EP8), con el grado de escolaridad del jefe de familia (ESC23), la que se relaciona también con las hectáreas en sistemas agroforestales (SAF11), por su parte las hectáreas dedicadas a sistemas agroforestales (SAF11), presentaron relación con el tiempo dedicado a estos (TSAF24), así mismo las hectáreas en cultivos agrícolas (CA13) se relacionan con el ingreso de la unidad familiar (ING22), y este está relacionado con las hectáreas en pastos (PA16) y la producción de frutas (PF18) finalmente, la variable tiempo dedicado a otras actividades (TOT25), se relaciona con el tiempo dedicado a sistemas agroforestales (TSAF24).

Lo anterior demuestra la dominancia de los componentes de los sistemas silvopastoriles y sus diferentes acomodos en las unidades productivas, coincidiendo con lo planteado por Nair (1985), sobre los componentes de los sistemas agroforestales.

### Estrato III

En la parte alta del municipio donde se evidencia la presencia accidentes montañosos se denota la presencia de los sistemas silvopastoriles, siendo los sistemas árboles en cercos vivos, árboles mezclados con arbustos, árboles en pastizales y el huerto familiar los más representativos; en la interrelación de las variables se manifiesta que los componentes básicos son regidos por las variables que presentaron correlaciones superiores a 0.75 y significancia mayor al 95% se denotan por: SAF11, EP6, UP10, EAFRS, CA13, EP6, EAG7, EAF4, PF18, EP6, SAF11, G1 y TOT25) (Tabla 17).

**Tabla 17.** Correlación de las variables con correlación > 0,75 en el estrato III

Variable 1	Variable 2	Valor r	Significancia (Pr>F)
UP10	G12	0,97	0,0001**
SAF11	G12	0,97	0,0001**
UP10	G12	0,97	0,0001**
UP10	SAF11	0,94	0,0001**
UP10	SAF11	0,94	0,0001**
CA13	TOT25	0,90	0,0001**
EAF4	PF8	0,90	0,0001**
CA13	EP6	0,86	0,0001**
EAG7	TOT25	0,86	0,0001**
EP6	UP10	0,85	0,0001**
CA13	EAG7	0,84	0,0001**
SAF11	EP6	0,83	0,0001**
UP10	EAFRS	0,76	0,0001**

\*\* Correlación altamente significativa \* Correlación significativa

En este sentido se puede advertir que las hectáreas en sistemas agroforestales (SAF11) están estrechamente relacionadas con las especies de pastos (EP6), las hectáreas dedicadas a la ganadería (G12) y el tamaño de la unidad productiva (EP10), se relaciona con las especies de pastos (EP6), especies de árboles de forraje (EAFR5); las hectáreas en cultivos agrícolas (CA13), presentan correspondencia con las especies de pastos (EP6), las especies agrícolas (EAG7) y tiempo dedicado a otras actividades (TOT25), en ese orden de ideas y como son obvio las especies de árboles frutales (EAF4) presentaron correspondencia con la producción de frutas (PF18); finalmente las especies agrícolas (EAG7) y las hectáreas en cultivos agrícolas (CA13), se correlacionaron con el tiempo dedicado a otras actividades (TOT25). Los sistemas están relacionados con la escolaridad del jefe de la familia, indicando la posibilidad de implementar más sistemas a medida que se adquiere mayor capacitación.

Para el grupo de las variables con correlación mayor que ( $>0.50$ ) y  $Pr>F$  (0.05), se encuentran relaciones entre las variables EAFR5, EA3, EP6, EAD8, SAF11, G12, UP10, TASF24, PAN17, ING22, PF18, (Cuadro 11); de ésta manera se evidencia que las especies de árboles de forraje (EAFR5) se relacionan con las especies de arbustos (EA3), especies de pastos (EP6), especies de animales domésticos (EAD8) y la producción pecuaria (PAN17); las especies de animales domésticos (EAD8) con las especies de pastos (EP6), hectáreas dedicadas a la ganadería (G12), especies de árboles de forraje (EAFR5) el tamaño de la unidad productiva (EP10) y las hectáreas en sistemas agroforestales (SAF11), por su parte esta última se relaciona con las especies de árboles de forraje (EAFR5), el tiempo dedicado a los sistemas agroforestales (TSAF24); por su parte las hectáreas dedicadas a la ganadería (G12) se relacionan con las especies de árboles de forraje (EAFR5) y el tiempo dedicado a los sistemas agroforestales (TSAF24).

De acuerdo con lo anterior, el tamaño de la unidad productiva (UP10) se asocia con el tiempo dedicado a los sistemas agroforestales (TOT25), de otro lado la producción pecuaria (PAN17) se correlaciona con las especies de árboles de forraje (EAFR5) y por último el ingreso de la unidad familiar (ING22) se relaciona con las hectáreas dedicadas a la ganadería (G12) y la producción de frutas (PF18).

El ingreso está relacionado con la producción de frutas y la ganadería, lo que hace suponer que hay poca diversidad en los factores generadores de ingreso, por ende, menos estabilidad de éstos en el tiempo, causando inconvenientes como lo enuncia Goodland (1995) y mayor presencia de sistemas ganaderos en las partes altas. En este Estrato, además se encuentra una fuerte relación en el tiempo dedicado a otras actividades y el incremento de las especies agrícolas, lo que incidiría en el deterioro de la cobertura arbórea a expensas de la actividad agrícola, inconvenientes evidenciados a nivel mundial por FAO (2001).

Equivalente a este fenómeno el tamaño de la producción pecuaria se fundamenta en la ampliación de los componentes de estos sistemas, lo que demuestra que los productores basan sus actividades en la producción ganadera en este Estrato; relacio-

nando la influencia de los sistemas productivos en el ingreso, se puede apreciar depende en manera considerable de la producción ganadera y la producción de frutas.

### 5.6.2 Análisis general

En el análisis de las variables en el municipio se nota que existen correlaciones significativas ( $0.75 < Pr > F < 0.05$ ) en las especies de arbustos (EA3) con las especies de árboles de forraje (EAFR5), las especies agrícolas (EAG7) con el tiempo dedicado a otras actividades (TOT25) y las hectáreas en cultivos agrícolas (CA13); las especies de pastos (EP6) y las hectáreas dedicadas a la ganadería (G12), el tamaño de la unidad productiva (UP10) y las hectáreas dedicadas a los sistemas agroforestales (SAF11) y finalmente el tiempo de dedicado a otras actividades (TOT25), con las hectáreas en cultivos agrícolas (CA13) (Tabla 18).

**Tabla 18.** Correlación de las variables con correlación  $> 0,75$  en el los diferentes estratos (I, II, III)

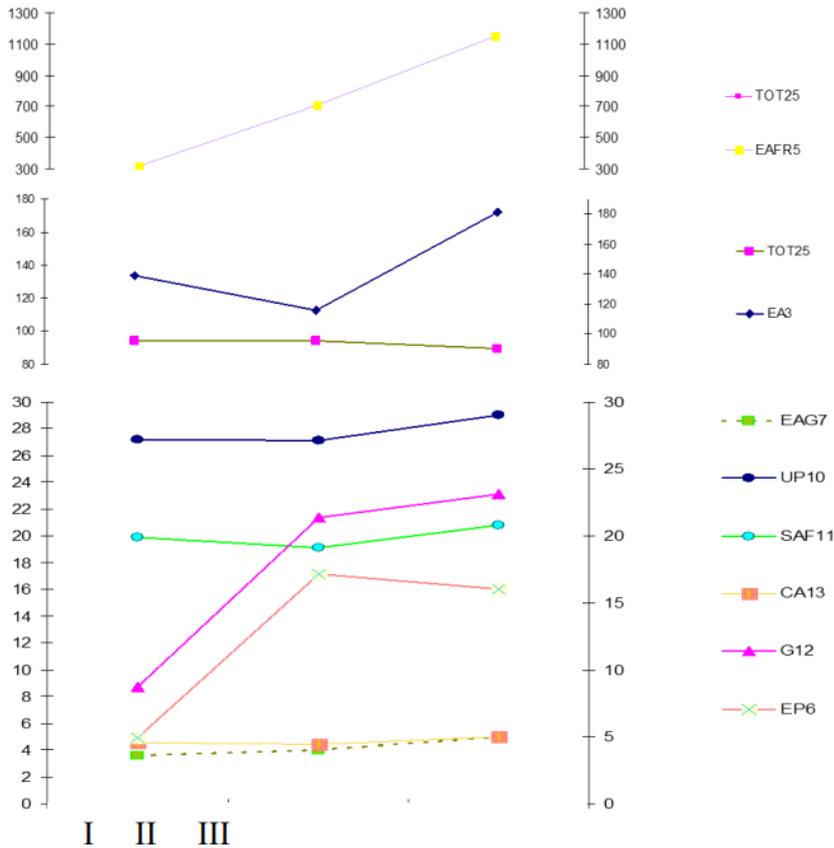
Variable 1	Variable 2	Valor r	Significancia (Pr>F)
UP10	SAF11	0,88	0,0001**
EA3	EFR5	0,84	0,0001**
EAG7	TOT25	0,79	0,0001**
EP6	G12	0,77	0,0001**
EAG7	CA13	0,86	0,0001**
TOT25	CA13	0,88	0,0001**

\*\* Correlación altamente significativa \* Correlación significativa

El comportamiento de las variables en los diferentes estratos y sus interacciones son presentados en la Figura 14. Se puede apreciar que las especies agrícolas (EAG7) presentan un comportamiento casi similar con un leve incremento en el Estrato III; las hectáreas en cultivos agrícolas (CA13) tienen comportamiento similar con un leve incremento en el Estrato I, pero las especies de pastos (EP6) evidencian una mayor cantidad en el Estrato II, generando una gran dinámica productiva-pastoril, pasada en los pastos; permeada por permanente preocupación de los productores en busca de respuesta a la inestabilidad de los forrajes a través del año; para el caso de las hectáreas dedicadas a la ganadería (G12), se aprecia una diferencia considerable entre estratos, siendo el Estrato I, el de menor cantidad de área; los Estratos II y III tienen casi la misma área.

Por otro lado, el tamaño de la unidad productiva (UP10) cuyo comportamiento casi similar en los tres Estratos, presenta un leve decremento en el Estrato II, y un incremento en el Estrato III, debido a la mayor disponibilidad de tierras en estos lugares y sus condiciones especiales de tenencia; las hectáreas en sistemas agroforestales (SAF11), aunque tienen un comportamiento análogo en los diferentes Estratos, se evidencia un leve decremento en el Estrato II, para las especies de arbustos (EA3),

se puede apreciar, que se presenta menor cantidad en el Estrato II y un incremento en el Estrato III, con relación al Estrato I; la variable tiempo dedicado a otras actividades presenta un comportamiento equivalente en los tres Estratos y finalmente Las especies de árboles de forraje (EAFR5) tienen un comportamiento progresivo a medida que se asciende sobre el nivel del mar, debido esto posiblemente a la mayor cantidad de arbustos, explicado por Granados y Tapia, (1990), en la intervención del hombre y la disminución de especies nativas en una localidad.



**Figura 14.** Interacciones de las variables significativas (>0,75) de sistemas agroforestales en el municipio de Rosamorada, Nayarit, México

En las explotaciones ganaderas se encuentra una relación fuerte en la presencia de diferentes especies de pastos a medida que se amplían las unidades productivas dedicadas a este fin; idéntico al hacerlo con las áreas en cultivos agrícolas, se presenta una mayor probabilidad de que se introduzcan nuevos componentes agrícolas; en ese sentido, si los agricultores aumentan el tamaño de sus unidades productivas hay una fuerte tendencia a incrementar las áreas en sistemas agroforestales.

Tomado en cuenta el grupo de las variables con mediana importancia, se deduce que los sistemas agroforestales, por su funcionalidad, inducen al establecimiento de nuevas especies de pastos, igual que la producción agrícola, aspectos indican en la aplicación de prácticas de laboreo y pisoteo del suelo a lo largo del año. De compor-

tamiento semejante es la ganadería, influyendo directamente en el comportamiento de la unidad productiva y la presencia de animales domésticos.

En la parte baja (Estrato 1) la presencia de la actividad de pesca influye en el comportamiento de los agricultores tanto por el nivel de ingreso como por las actividades realizadas haciendo de estos sistemas de particular importancia en la Agroforestería.

Para las variables con correlaciones mayores de 0.5  $Pr > F 0.05$ , se evidencian asociaciones normales ya que las hectáreas en sistemas agroforestales (SAF11) se relacionan con las especies de pastos (EP6) y las hectáreas dedicadas a la ganadería (G12), la producción agrícola (PA16), con las especies agrícolas (EAG7); las especies de pastos (EP6) con los animales domésticos (EDA8) y el tamaño de la unidad productiva (UP10), las especies de animales domésticos (EAD8), con las hectáreas dedicadas a la ganadería (G12) y el tamaño de la unidad productiva (UP10) y por último las hectáreas dedicadas a la ganadería (G12), se asoció con las hectáreas en sistemas agroforestales (SAF 11).

## **5.7 Análisis descriptivo de las variables de los sistemas agroforestales**

Se trata de establecer ciertas características de cada una de las variables, a fin de sintetizar su comportamiento en unos cuantos indicadores (Santoyo *et al.* 2000).

### **5.7.1 Distribución de los sistemas agroforestales (SAF11)**

Según la clasificación realizada por Young (1989) y citada por Krishnamurthy y Ávila (1999), los sistemas encontrados se enmarcan en los silvopastoriles y silvoagrícolas. Para el primero encontramos diferentes variantes; hallándose en la zona baja (Estrato I) una tecnología específica de la Agroforestería, como es el sistema acuaforestal (Torquebiau, 2000; Young, 1997) basado en el ecosistema de manglar, donde las interacciones entre los productores, el manglar y la fauna marina, presentan diferentes tipos. En las comunidades aledañas a la marisma, el 22% de los productores maneja este sistema; el 25% y el 26% poseen los sistemas de árboles en cercos vivos y árboles en pastizales, el 12% poseen huertos familiares y el 13% árboles mezclados con arbustos.

En la zona media (Estrato II), se encuentra el sistema árboles en pastizales como el sistema agroforestal más importante agrupando a un 55% de los productores, siguiendo en importancia los sistemas de árboles mezclados con arbustos y los árboles en cercos vivos con 20% y 11% respectivamente. Para la zona alta (Estrato III), el sistema predominante se basa en los árboles mezclados con arbustos, los que ocupan el 37%, y árboles en pastizales el 32%; los árboles en cercos vivos el 13% y finalmente los huertos familiares con el 12%.

### **5.7.2 Componentes de los sistemas agroforestales.**

La descripción de los componentes biológicos es el primer paso para la comprensión de los sistemas y prácticas agroforestales, ya que estos, proporcionan una idea de la diversidad de cada sitio.

### 5.7.2.1 Especies de árboles maderables (EAM2)

En los diferentes Estratos se aprecia una regularidad en la presencia de las especies arbóreas en los sistemas agroforestales; en el Estrato I, es evidente la presencia de las especies de mangle (*Rhizophora mangle*, *Conocarpus erectus*, *Avicenia germinans*, *Avicenia nitida*, *Laguncularia racemosa*) que ocupan un 48,9% de las especies, en los cuales se basa el sistema acuaforestal; seguido del cedro (*Cedrella odorata*) presente en un 41,79% y por último el guanacastle (*Enterolobium cyclocarpum*), el resto de la composición florística es ocupada por las especies: amapa (*Tabebuia rosea*), caoba (*Swietenia macrophylla*), cuata, chalate (*Ficus* sp.), juan perez (*Coccoloba* sp.), mataiza (*Sapium laterifolium*), papelillo (*Bursera simaruba*), palma de llano (*Sabal mexicana*), pimientillo y rosa amarilla (*Cochlospermum vitifolium*); siendo las especies más frecuente en los sistemas agroforestales, el mangle con sus diferentes especies (28%), el guanacastle (27%) y la palma de llano (12%).

En el Estrato II, las especies encontradas en mayor cantidad en las unidades productivas son el eucalipto (*Eucaliptus* sp.) 43,99%, el guanacastle 23,95%, amapa (*Tabebuia rosea*), camichin, caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro, cuata, cuatante, chalate, encino (*Quercus* sp.), guayabillo (*Psidium* sp.), juan perez (*Coccoloba* sp.), jumayo, mataiza (*Sapium laterifolium*), palo brasil (*Haematoxylum brasiletto*), papelillo (*Bursera simaruba*), pimientillo, rabo de iguana (*Caesalpinia eriostachis*) y tepame (*Acacia pennatula*) que ocupan menos del 5% del total; siendo la especie más frecuente en los sistemas agroforestales el guanacastle (*Enterolobium cyclocarpium*) con 41,39%, las demás especies, tienen frecuencias menores al 5%, lo que indica, que en la mayoría de los predios los productores prefieren esta especie.

En el Estrato III, las especies más abundantes son: cedro 43,39%, guanacastle 13,64% y palma de llano 9%, y las más frecuentes: guanacastle 25,43%, cedro 15,8% y amapa 10,98% y con un 7% se encuentran caoba, palo brasil, palma de llano (*Sabal mexicana*), rabo de iguana (*Caesalpinia aerostachys*); con menos del 7% se encuentran: amarillo (*Malpighia* sp), campiziran, cuata, cuatante, chalate, chicle (*Manilkara zapota*), guayacán (*Tabebuia rosea*), encino (*Quercus* sp.), guayabillo (*Psidium* sp.), jumayo, mataiza, (*Sapium laterifolium*), pimientillo y roble (*Quercus* sp.). El aprovechamiento de estas especies para la producción de madera, es poco o casi nulo, debido a la regulación establecida por SEMARNAP (CAP 11: del Aprovechamiento Forestal; Artículos 11-14); por lo que mencionan los productores que son más costosos los trámites que el valor final de la madera.

### 5.7.2.2 Especies de arbustos (EA3)

Para el Estrato I, se encuentra el tepemesquite (*Prosopis* sp.) (61,51%) como la especie de mayor cantidad en los sistemas agroforestales, seguido del guácimo (*Guazuma ulmifolia*) 36,9%. en un rango menor de 7% se encuentran las especies: palma de llano, palo chino, achiote (*Bixa* sp.), algodóncillo (*Gossypium* sp.), almendro (*Terminalia catapa*), cacahuananche (*Gliricidia sepium*), cuastecomate (*Crescentia cujete*),

guaje (*Leucaena leucocephala*), guinol (*Jatropha* sp.), huizache, jarretadera (*Caccia* sp), palo santo, pochote, rascalavieja (*Curatella americana*), y sauce (*Salix* sp.), la especie más frecuente es el guácimo con un 30% seguido del tepemesquite 18%, y palma de llano 13%, las demás especies se encuentran en IVI inferior al 7%.

En el Estrato II, las especies de mayor abundancia en los sistemas agroforestales son el guácimo, 38.56%, palma de llano 22%, en abundancias menores, en un rango que del 2 al 10% se encuentran las especies guapinol (*Hymenaea courbaril*), guinol (*Jatropha* sp.), jarretadera, palo china y rascalavieja y en abundancias menores se encuentran achiotte, cacahuananche, canelilla, capulin, cuastecomate, garabato, guaje, huizache, nanche silvestre (*Byrsonimia* sp), palo nediondo, palo santo, pié de cabra, sauce, tepemesquite, tepezapote (*Lysiloma* sp.) y trompeta (*Cecropía* sp.), en lo concerniente a la frecuencia los que tienen mayor presencia en jos diferentes sistemas agroforestales son el guácimo 23,43%, guinol (*Jathropa* sp.) 16,4%, palma de llano y jarretadera (*Caccia* sp) 7,03%, en un IVI menor de 7% se encuentran los citados arriba.

Para el Estrato III la especie que se halla en mayor cantidad es el guácimo 35,7% y jarretadera 30,89%, en un rango de 12 a 5% se descubren las especies cachuananche, guapinol, guinol, y palma de llano, con valores menores de esas cantidades se hallan achiotte, algodoncilo, alhuate, almendro, crucecito, chichalaquillo, guaje, palo chino, pie de cabra, y tepemesquite; la presencia de estas especies en los sistemas agroforestales está liderada por guácimo 21.42%, guapinol (*Hymenaea courbaril*) 15,17%, guinol 14,28%, jarretadera 14,28% y cacahuananche 11,6%, en menor cantidad palo chino, palma de llano, pie de cabra, tepemesquite, guaje, chichalaquillo, crucecito, almendro, alhuate, algodoncillo y achiotte con valores inferiores al 5%.

### 5.7.2.3 Especies de árboles frutales (EAF4).

En el Estrato I, la especie que se encuentra en mayor cantidad es el mango (*Mangifera indica*), ocupando el 70,42%, seguido del guamúchil (*Pithecellobium dulce*) 25,39%, en un rango menor del 3% se atinan las especies arrayán (*Psidium* sp.), ciruelo (*Spondia* sp.), coco (*Cocus nucifera*), guayaba (*Psidium guajava*), nanche (*Byrsonimia crassifolia*), papaya (*Carica papaya*), tamarindo (*Tamarindus indica*) y yaca (*Artocarpus altilis*), siendo las especies de mayor frecuencia en los sistemas agroforestales el Guamúchil con el 37%, el mango y Coco 25%, en frecuencias menores del 5% se hallan las demás especies.

Estrato II, Las especies de mayor cuantía son: limón (*Citrus* sp,) 60,39% y el mango 37,19% en un rango menor del 10% se hallan las especies nanche, papaya y tamarindo, la especie más frecuentes en los sistemas agroforestales es el mango 35,29%, nanche 23,53%, papaya 17,649, y tamarindo 11,76%.

En el Estrato III, la especie que se encuentra en mayor cantidad en los sistemas agroforestales es el Limón 65,3%, seguido del mango 26,89%, las otras especies como aguacate (*Persea americana*), anón (*Anona muricata*), arrayán, ciruelo, guayaba,

lima, nanche, naranja (*Citrus* sp.), papaya, tamarindo, toronja (*Citrus* sp.) y yaca se hallan en un rango menor del 5%, las que están en mayor frecuencia son en su orden limón 17,39%, nanche 15,21%, arrayán 10,86%, aguacate (*Persea americana*), ciruelo y papaya con 8,69%; en un rango menor del 8% se encuentran las otras especies.

#### 5.7.2.4 Especies de árboles de forraje (EAFR5)

En los diferentes Estratos hay especies arbustivas que los animales consumen algunas veces son sus frutos, otras las hojas o un consumo combinado de hojas y frutos, ya sea para su mantenimiento a para adicionar elementos a su dieta.

Las especies más importantes en el Estrato I, son tepemesquite (*Lysiloma divaricata*) (38%), guácimo (27%), palma de llano (12%), guanacastle, huizache, guinol (*Jatropha* sp.), guaje, cuastecomate (*Crescentia alata*) y cacahuananche, en cantidades menores del 7%; en el estrato I, hay las mismas especies solo con la aparición de la especie jarretadera, en el estrato II, dada la fisiografía y el manejo de los ecosistemas, el guácimo ocupa el 35%, además de las especies de los estratos I y II, aparecen especies capomo (*Brosimum alicastrum*), guapinol (*Hymenaea courbaril*) y haba (*Hura polyandra*), las que reprotan valores menores al 10%.

#### 5.7.2.5 Especies de pastos (EP6)

En el Estrato I, las especies de distribuyen en las unidades productivas, dependiendo de la capacidad económica del propietario, siendo la tendencia a la presencia de las especies de pastos mejorados en los predios de mayor nivel económico de los productores, es así como la especie que se encuentra dispersada en mayor cantidad es el llanero (*Andropogon gayanus*), el cual ocupa el 71,02%, seguido del pasto natural (*Cynodon* spp), 22,85%; las especies de estrella (*Cynodom nemfluensis*), guinea (*Panicum maximum*), Jaragua (*Hyparrhenia ruffa*) y Salado (*Distichlis spicata*), se hallan en un rango de menos del 4%; las especies de mayor frecuencia son llanero 47,05% y natural 41,17%, las demás especies se encuentran en frecuencias inferiores al 5%.

En el Estrato II, hay un gran número de especies; siendo el llanero 51,9%, a especie de mayor cantidad en los sistemas agroforestales, seguido del natural con 27,77%, las especies hierba del toro, maíz forrajero (*Zea maiz*), estrella (*Cynodom nemfluensis*), guinea (*Panicum maximum*), insurgentes (*Brachiaria brizantha*), jaragua (*Hyparrhenia ruffa*), pará (*Panicum* sp.), señal (*Brachiaria decumbes*), y sorgo forrajero (*Sorgum* sp.) se localizan en cantidades menores del 8%; las especies más frecuentes en los sistemas agroforestales son el llanero 51,72%, guinea 13,79% y jaragua 12,06%; las especies: hierba del toro (*Henrya* sp.), maíz forrajero, estrella, Insurgentes, Natural, Señal, y Sorgo forrajero, se encuentran en frecuencias menores del 7%

En el Estrato III, las especies cultivadas en mayor cantidad son el Llanero 47,31% y el Natural 41,20%, las especies como hierba del toro, estrella, guinea, insurgentes, se encuentran en cantidades menores del 10%; las especies más frecuentes en las

unidades productivas, son en su orden: llanero 47,69%, natural 28,57% hierba del toro 16,66%, las otras especies presentan frecuencias inferiores al 3%, 52,25.

### 5.7.2.6 Especies agrícolas (EAGT)

En el Estrato I, las especies agrícolas encontradas en mayor cuantía son: sorgo (*Sorgum vulgare*) 74,41%; chile (*Capsicum* sp.), frijol (*Phaseolus vulgaris*), jitomate (*Lycopersicon sculentum*), maíz (*Zea maiz*), melón (*Cucumis melo*) y sandía (*Cucurbita sativa*) se encuentran en cantidades menores del 10%, las especies distribuidas en los sistemas agroforestales son en gu orden sorgo 41,6%, maíz 18,75%, plátano (*Musa* sp.) 12,05% y frijol 10,41%; las otras especies recaen en frecuencias inferiores al 10%.

Las especies agrícolas del Estrato II tienen una mayor cantidad de Sorgo 38.51% y maíz 32.43%, las especies halladas: chile, frijol, melón, plátano, sandía, tabaco (*Nicotiana tabacum*) y las *asociaciones Frijol y Maíz*, presentan cantidades menores del 10%; las especies más frecuentes en los sistemas agroforestales son el maíz 32%, seguido del sorgo 20% y el chile 14%, la asociación frijol-maíz 14%, lo que indica que a pesar de los bajos precios los productores prefieren sembrar el maíz ya que es un factor importante en su dieta, las otras especies presentan frecuencias menores del 10%.

En el Estrato III se encentra mayor diversidad de especies agrícolas: cacahuete (*Arachis hipogea*), calabaza, camote (*Hipomea batata*), chile, frijol, jitomate, nopal (*Opuntia* sp.), piña (*Ananas comosus*), plátano, sandía y sorgo. siendo el maíz la especie de mayor abundancia y frecuencia 42,02% y 29,82%; el sorgo a pesar de estar establecido en grandes extensiones 26%, se encuentra con una frecuencia baja 4.5%, este fenómeno debido a la topografía y las dificultades para la mecanización y la característica de los habitantes (indígenas Cora y Huicholes), las especies que presentan un porcentaje considerable son el frijol y la sandía 8,29% y 9% respectivamente, las demás especies agrícolas se distribuyen en cantidades inferiores al 6%; en este Estrato, a pesar de haber muy poca cantidad de plátano se encuentra con una frecuencia significativa en los predios 16,5%, frijol 14,03% y sandía 10%, las demás especies presentan frecuencias inferiores a nueve por ciento.

### 5.7.2.7 Especies de animales domésticos (EAD8)

En los diferentes Estratos los productores tienen mayor predilección por el ganado bovino (*Box faurusindicus*), en segunda medida los ovinos (*Ovis* sp.) y en último lugar los equinos (*Equus* sp.) y las aves (*Gallus gallus* y *Anas* sp.).

En el Estrato I las especies más comunes son: ganado bovino prevaleciendo la mezcla entre el cebú y criollo 57,38%, el cebú 15,89%, las otras razas y mezclas como pardo suizo-holstein, cebú-charolais, cebú-pardo suizo, cebú-simbra, cora-cebú criollo-pardo suizo, se ubican en un rango menor del 6 por ciento.

Para el Estrato II, la raza Cebú presenta una frecuencia en los sistemas agroforestales de 33,335% seguido por la mezcla cebú-criollo con 27,77%; la raza *bramán* y el ganado criollo, con 13,88%, y 11,11% respectivamente, las otras especies y cruza: brangus, cebú-pardo suizo, cebú-holstein y simbra-cebú, se ubican en un rango menor de 5%.

El panorama bovino en el Estrato III define las especies cora y cebú como las de mayor cuantía: 28,23% y 19,78% respectivamente; las especies y mezclas cebú-criollo, *bramán*-pardo suizo, *bramán*, cebú- *bramán*, cebú-pardo suizo, cebú-pardo suizo-simbra, criollo y pardo suizo, que se encuentran en un rango inferior del 10%. En este Estrato aparecen los burros (*Equus asinus*) y los marranos (*Sus scrofa*), como componentes secundarios de los sistemas, de interacciones a veces nocivos, como es el caso de la interacción huertos familiares-puercos.

### 5.7.3 Distribución espacial de las unidades productivas

#### 5.7.3.1 Tamaño de la unidad productiva (UP10)

En el Estrato I, las unidades productivas menores de 10 ha, son propiedad del 7.69% de los productores; mientras que áreas de 11 a 20 ha están ocupadas por el 13,46%, la mayor cantidad de productores (53%) se agrupa en parcelas de 20 a 30 ha, haciendo el reconocimiento de la explotación de la unidad productiva colectiva en el sistema agroforestal del manglar; y en unidades mayores a 30 ha se encuentran el 25 por ciento de los productores.

En el Estrato II, las unidades se distribuyen en tamaños de <10 hasta >30 ha, para las unidades menores de 10 ha se ubican el 8,33% de los productores, de 11 a 20 ha el 33,33%; de 21 a 30 ha el 25% y en unidades mayores de 30 ha el 33,33%; lo que indica que en este Estrato las unidades productivas están entre las 11 ha y las 30 ha. En el Estrato III, solo el 6.89% poseen unidades productivas de menos de 10 ha, el 31% tienen de 11 a 20 ha, de 21 a 30 ha el 20,68%, y en unidades mayores de 30 ha se encuentra el 41,37%; lo que indica que el área de la unidad productiva predominante es de 11 a 20 ha y mayor de 30 ha.

#### 5.7.3.2 Área en sistemas agroforestales (SAF11)

En los diferentes Estratos predominan los sistemas silvopastoriles, siendo el manejo del ganado el principal factor de cuidado en los sistemas productivos del municipio. En el Estrato I, el 80,94% de las áreas en las unidades productivas pertenecen a sistemas agroforestales y un 19,05% a otros sistemas productivos; en el Estrato II, esta situación es a la inversa ocupando los sistemas agroforestales solo del 32,46% del área de las unidades productivas, otros usos como agrícola, forestal, pastizal y frutal ocupan el 67,54%: Finalmente para el Estrato III, estas unidades son casi semejantes siendo 46,71% de las áreas dedicadas a sistemas agroforestales y el 53,29% dedicado a otros usos. Las áreas dedicadas en las unidades productivas casi no difieren, siendo en promedio 19,86 ha, 19,10 ha y 20,77 ha para los Estratos I, II y III, respectivamente.

### **5.7.3.3 Áreas en ganadería (G12)**

La cantidad de hectáreas dedicadas a la ganadería (G12) está distribuida de acuerdo a la cantidad de semovientes y la dependencia de esta actividad para la generación de ingresos, siendo el Estrato I, en donde se dedica menos área a esta actividad 8.71 ha por productor, para los Estratos II y III, estos presentan un tamaño de 21,36 y 23,13 ha respectivamente, siendo considerablemente más grande que el Estrato I.

### **5.7.3.4 Área en cultivos agrícolas (CEA13)**

En los Estratos I y II, el tamaño de las áreas dedicadas a los cultivos agrícolas dentro de los sistemas agroforestales es en promedio 3,57 y 3,97 ha; para el Estrato III, este panorama es diferente, ya que se utiliza un promedio de 5,09 ha, y como se indicaba anteriormente en las especies agrícolas, estas áreas son ocupadas en una gran proporción por el maíz y frijol, bajo el sistema coamil (García, 2000); los que son dedicados en gran cantidad al autoconsumo.

### **5.7.3.5 Áreas en bosque (B14)**

El tamaño de las áreas de bosque se encuentra de 1,4 ha en el Estrato I; 3,11 ha para el Estrato II y 8,87 ha para el Estrato III, lo que indica, que a medida que ascendemos sobre el nivel del mar, se está dedicando más áreas a la presencia del bosque y con ello la presencia de la cobertura vegetal, esto debido a la dificultad para el laboreo del suelo (Vane-gas y Siau, 1994), lo que redundará en una mejor condición ambiental (Goodland, 1995).

## **5.7.4 Sistemas productivos**

### **5.7.4.1 Sistemas de producción agrícola (PA16)**

Los mayores rendimientos por sistema agroforestal lo encontramos en los Estratos I y II, con 19,13 y 13,87 ton, para el Estrato II, se tiene un rendimiento por unidad agrícola de 8,89 ton, lo que muestra que los rendimientos por unidad de área, en la parte baja del municipio son los mejores para las especies agrícolas. Estos datos corroboran lo planteado por García (2000), cuando se refiere a la pérdida de fertilidad del suelo en el sistema Coamil en la sierra y las condiciones más benignas y a la aplicación de intensiva de capital e insumos en las partes media y baja (Estratos I y II).

### **5.7.4.2 Sistemas de producción pecuaria (PAN17)**

Según los análisis realizados, la cantidad de toneladas de carne en pie que se vende en este municipio es considerable, dado que, en el Estrato I, se está ofreciendo 1,69 ton por productor, en el Estrato II 1,28 ton y el Estrato III 0,31 ton. por unidad productiva; siendo el promedio municipal 1,09 tonelada por sistema agroforestal año<sup>-1</sup>, la producción de leche y subproductos cárnicos es ausente en esta región, debido a la poca industrialización, las condiciones ambientales y la planificación deficiente de los hatos.

### 5.7.4.3 Sistemas de producción de frutas (PF18)

En los diferentes Estratos se producen frutas de distintas especies, siendo los principales, el Mango y el limón. En los sistemas agroforestales del Estrato II se está produciendo un promedio de 5,37 ton, el Estrato III, 3,59 ton y el Estrato I, 1,05 ton, lo que indica que, por este concepto, las unidades productivas en los Estratos I y II, son más especializados en estos productos. Las frutas como nanche, arrayán, tamarindo y otras no se contabilizan, debido a que los productores las utilizan para el autoconsumo.

### 5.7.4.4 Sistemas de producción acuícola (PP19)

Esta actividad solo se presenta en el Estrato I; siendo el sistema acuiforestal y las granjas la: que inciden directamente en esta producción; las especies más representativas de este sistema son: camarón (*Palaemon serratus*; *Xiphopenaeus* spp; *Penaeus vannamei*), curvina (*Menticirrus undulatus*), robalo (*Centropomus* sp.; *Scomberomorus* spp), tilapia, (*Oreochromis niloticus*, *Preochromis mosambicus*), pargo (*Lutjanus purpureus*), huachinango (*Epinephelus niveatus*), constantino, chiguil, lisa (*Mugil cephalus*), y mojarra (*Eucinostomas gracilis*; *Guerres* spp), de estas se obtienen por unidad productiva un promedio de 1,25 ton año<sup>-1</sup> productor<sup>-1</sup>.

## 5.7.5 Aspectos socioeconómicos

### 5.7.5.1 Edad del productor (ED20)

En el Estrato I, se tiene el promedio de edad del productor, quien se dedica a los sistemas agroforestales de 45,09 años, el Estrato II 52,02 años y el Estrato III 53,75 años, valores muy similares, lo que muestra que los productores tienen una edad relativamente joven.

### 5.7.5.2 Miembros de la unidad familiar (UAF21)

La cantidad de personas que hacen parte de la unidad familiar es relativamente variable, tanto por la emigración (INEGI, 2000), como por el regreso e incorporación a las actividades productivas, este fenómeno se refleja en el Estrato II, donde las unidades familiares están conformadas por 3,77 personas, el Estrato I 4,69 y el Estrato III 5,69; valores que concuerdan con los reportes del INEGI (2000) quienes evidencian un decrecimiento de la población en los últimos años.

### 5.7.5.3 Ingreso de la unidad familiar (ING22)

Los ingresos se distribuyen en forma irregular, hallando el promedio para el Estrato I, en \$ 69.725 año, \$ 39.923 año, para el Estrato II y \$ 32.905 año, para el Estrato III; del total de ingresos generados en los sistemas agroforestales en el municipio, el

50% se circunscribe al Estrato I, en donde la actividad pesquera en el sistema acuaforestal tiene una fuerte incidencia.

#### **5.7.5.4 Grado de escolaridad del jefe de familia (ESC23)**

En el Estrato I, se registra el mayor promedio en la escolaridad de los jefes de familia (4,67) años, siendo para los Estratos II y III 3,19 y 3,13 años, respectivamente, lo que evidencia las diferencias existentes entre estos dos Estratos y el Estrato I en casi dos años de escolaridad.

#### **5.7.5.5 Tiempo dedicado a los sistemas agroforestales (TSAF24)**

En el Estrato I, se está dedicando en promedio 145 días año<sup>-1</sup> mientras que en Estrato II, 103 días año<sup>-1</sup> y en Estrato III, 115 días año<sup>-1</sup>, esta información evidencia la dedicación de mayor tiempo a los sistemas dependiendo del ingreso generado por estos.

#### **5.7.5.6 Tiempo dedicado a otras actividades (TOT25)**

En el Estrato I, a pesar de los productores dedicar una gran cantidad de tiempo los sistemas agroforestales, también concentran una considerable cantidad de tiempo a realizar otras actividades productivas como lo son: 93 días año<sup>-1</sup>, para el Estrato II, 94,45 días año<sup>-1</sup> y el Estrato III, 89,35 días año<sup>-1</sup>; valores que no presentan diferencias importantes entre los Estratos.

### **5.8 Estructura de los sistemas agroforestales.**

La presencia de los componentes define dos categorías estructurales sistemas silvopastoriles y sistemas agrosilvícolas (Torquebiau, 1992; Young, 1989; Nair 1985; Krishnamurthy y Ávila, 1999). En ese sentido, a través de inventarios florísticos se determinó el peso ecológico (IVI) (Granados y Tapia, 1990) de las especies presentes en los sistemas agroforestales.

En el Estrato I, se encuentra el sistema silvopastoril como la actividad agroforestal más realizada; las tecnologías con árboles en cercas vivas en un 33%, árboles en pastizales en un 25%, acuaforestal 22,58%, producción animal bajo cubierta arbolada representa 12,9% y huerto familiar 12,06%.

Mientras que el Estrato II, el sistema predominante es silvopastoril con sus diferentes tecnologías, el sistema árboles en pastizales ocupa el 61,1%, pastoreo bajo cubierta arbolada el 12,9%, árboles en cercos vivos el 12,22%; los sistemas agrosilvícolas solo representan el 1% y el 3%, representados por los árboles mezclados con cultivos agrícolas y los huertos familiares, respectivamente.

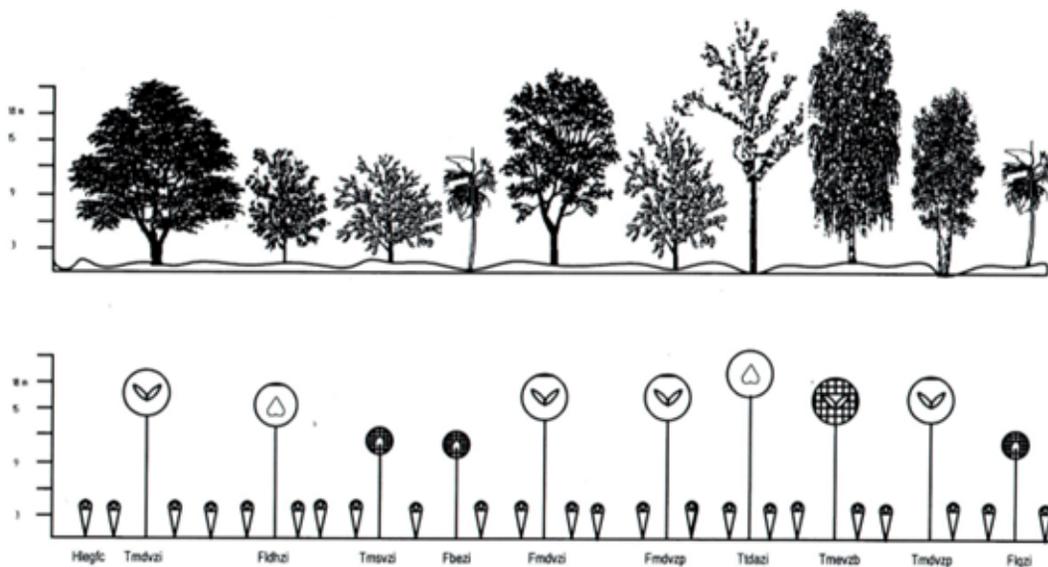
En el Estrato III, el sistema más empleado es el silvopastoriles, representado por las tecnologías pastoreo bajo cubierta arbolada con 37.83%; árboles en pastizales

32,43% y árboles en cercos vivos 4,05%; los otros sistemas pertenecen a los agrosilvícolas árboles en cultivos y el huerto familiar con 4,05% y 12,16% respectivamente. A nivel municipal las tecnologías se distribuyen árboles en pastizales 38,54%, pastoreo bajo cobertura arbórea 22,22%, árboles en cercas vivas 18,75%, acuaforestal 9,72%, huerto familiar 9,37%, y árboles en cultivos 1,38%.

## 5.8.1 Sistemas silvopastoriles

### 5.8.1.1 Árboles en pastizales

Estos sistemas presentan arreglos espaciales diversos, con distribuciones del componente arbóreo, que van desde los 10 m hasta los 25 m entre plantas; en acomodos temporales simultáneos (Figura 15); produciendo renuevo permanente de las especies de pastos, debido a la quema deliberada por parte de los productores en épocas de estiaje (cada año), para lograr un buen rebrote y eliminar el forraje residual (Améndola, 1998). En el plano horizontal encontramos el sistema representado por las especies de pasto y arbustos, que se distribuyen de forma irregular en las diferentes unidades productivas; los componentes de este sistema, están constituidos en su Estrato inferior por especies de pastos, entre ellos llanero, guinea, jaragua, estrella, naturales (*Cynodom sp.*, *Bouteloua hirsuta*, *Sporobolus*, *Stipha sp.*, *Muhlenbergia sp.*) y en las partes bajas, con influencia del mar, aparece esporádicamente el pasto salado (*Distichlis spicata*); en el Estrato medio se encuentran especies de arbustos como la palma de llano, guácimo, jarretadera, tepemesquite, limón, lima, palo chino, pié de cabra, rascalavieja (*Curatella americana*), guinol, cacahuananche, guaje, cuastecomate y guamúchil. En el Estrato superior, se hallan especies maderables y frutales como guanacastle, amapa capomo, cedro, caoba, cuata, camichin y mango.

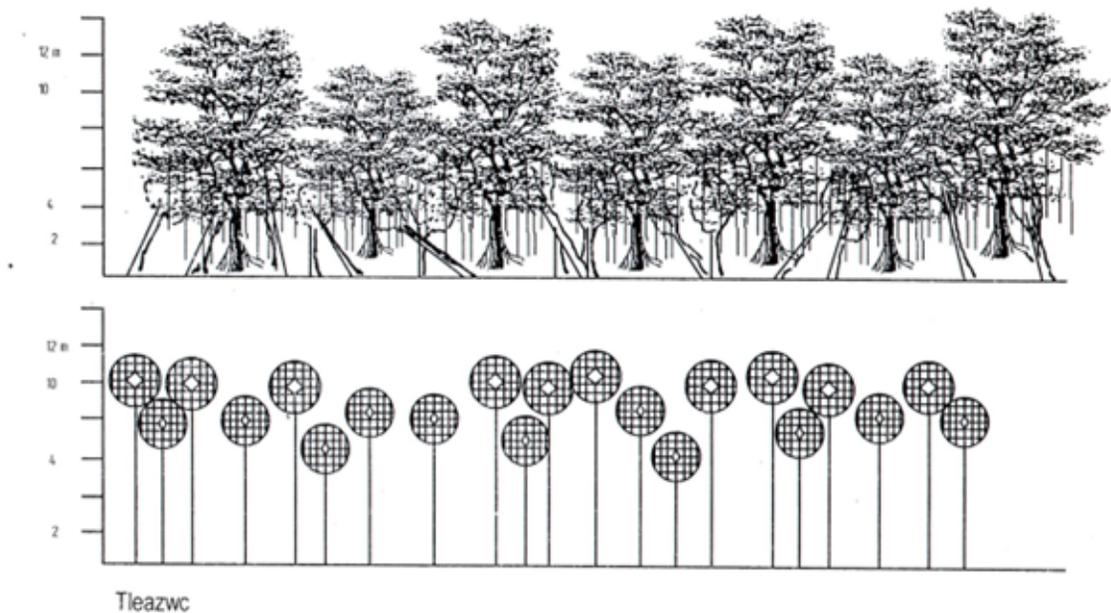


**Figura 15.** Perfil semirrealista y danserograma de un sistema silvopastoril de árboles en pastizales, en el municipio de Rosamorada; Nayarit, México.

Según el índice de valor de importancia (IVI) esquematizado en la Figura 15, en el Estrato I, las especies de mayor peso ecológico en el sistema son palma de llano (31,44), guanacastle (30,11) y guamúchil (30,11), evidenciando que todos estos sistemas poseen estas especies. En el Estrato II, las especies de mayor IVI son: guácimo (23,36), guanacastle (23,19) y palma de llano (22,3); en el Estrato II, las especies, aunque sufren un pequeño cambio, están determinadas por el guanacastle (20,00), papelillo (17,26) y jarretadera (13,92).

### 5.8.1.2 Acuaforestería

Estos son arreglos clasificados en forma estrictamente separada, aunque pertenezcan a los sistemas silvopastoriles.); en este sistema se aprecia una distribución zonal en el plano horizontal ocupada por las especies de mangle las que se ubican caprichosamente en diferentes ecosistemas dependiendo de la salinidad del agua y la composición del suelo ((Torquebiau 1992; Krishnamurthy y Ávila, 1999, Valdéz, 1991). De tal forma que, en su conjunto presentan una distribución uniforme parcialmente fraccionada por los riachuelos (Figura 16), en cuanto a los componentes animales su distribución es variable, por los ciclos naturales de las diferentes especies, moluscos y mariscos estos se pueden encontrar en diversos sitios y épocas del año.



**Figura 16.** Perfil semirrealista y danserograma de un sistema silvopastoril-acuaforestería de árboles de mangle y fauna marina (camarones), en el municipio de Rosamorada; Nayarit, México

En los perfiles verticales comenzando desde el nivel del agua en la marisma pueden definirse dos Estratos arbóreo y herbáceo con una marcada presencia de las especies de mangle *Rhizophore mangle*, *Avicenia germinans*, *Laguncularia recemosa* y *Conocarpus erectus* y un segundo con la representación de *Batis maritima* y *Sesuvium*

*portalacastrum*, (Figura 16), la altura dominante es de 6 m, el diámetro medio de 17 cm, un espaciamiento promedio de 29 m y una madurez fisiológica intermedia. Las especies son en su mayoría 98% perennifolias, en cuanto a la perturbación del ecosistema se aprecia un claro deterioro de aproximadamente 2500 ha de mangle especialmente las especies *Avicenia germinans* y *Conocarpus erectus*, pero también encontrando regeneración natural en *Avicenia germinans*, *Conocarpus erectus* y *Rhizophora mangle* siendo esta última la que presenta mayor agresividad debido a su adaptación a la alta salinidad.

### 5.8.1.3 Sistema de producción animal bajo cubierta arbolada

Este sistema, aunque es un poco contradictorio ambientalmente, dadas las nuevas tendencias de conservación y manejo de los recursos naturales, en el municipio se realiza como una alternativa de alimentación a las especies animales en época de estiaje o escasez de alimento. Presenta un arreglo temporal simultáneo de las especies, con una intervención periódica de las especies animales, que interfieren con la sucesión natural de las especies vegetales. Este sistema ocupa en el municipio el 22,22% de los sistemas agroforestales; en la parte baja (Estrato I), ocupa el 12,90%; en la media (Estrato II) 22,22% y en la parte alta (Estrato III) 37,83%.

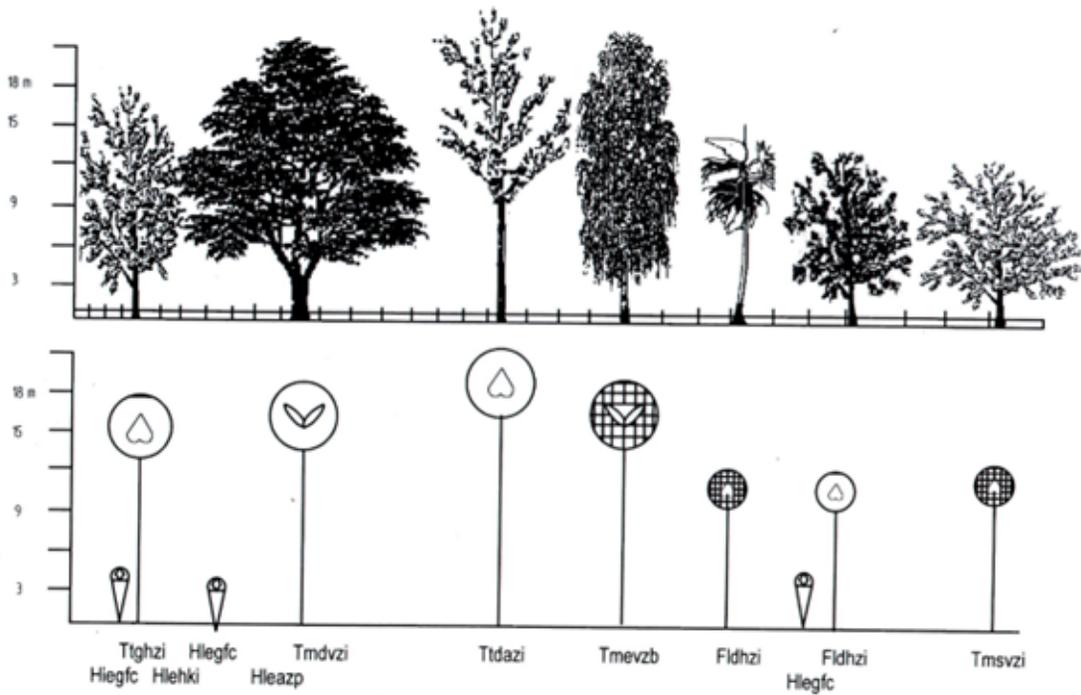
Por su ubicación en las áreas arboladas, se halla una cantidad considerable de especies de árboles y arbustos, condición que hace de este un sistema muy diverso, tanto en el Estrato arbóreo, como el arbustivo. Analizando la composición florística, en el Estrato superior se encuentran las especies de guanacastle, cedro, amapa, camichin, caoba, capomo, cuata, cuatante, encino, juán perez, jumayo, mataiza, rabo de iguana, rosa amarilla (*Chlospermun vitofolium*), tepame (*Acacia pennatula*), pape-lillo, pimientillo, pochote (*Ceiba aesculifolia*), tepezapote (*Lysiloma* sp.), palo santo (*Dendropanax arboreus*).

En el Estrato medio encontramos guayaba, guamúchil, guaje, cacahuananche, mano de león (*Oreopanax xalapensis*), palo chino (*Erythroxilon* sp.), guapinol y en el Estrato inferior se encuentran las especies de canelilla (*Lantana* sp), tepame, malva (*Hibiscus* sp), rascalavieja, guácimo, jarretadera, achiote y en el Estrato herbáceo encontramos las especies de pasto natural y la hierba del toro (*Henrya insularis*) Ness ex Benth, de la cual se encuentran en la zona dos especies (una con flor blanca y la otra de flores amarillas); de estas en México se conocen siete (7) especies (*Blechnum* cf. *Pyramidatum*) (Lam.) Urb., (*Carlowrightia arizonica*) A. Gray, (*C. californica*) T.S. Brandegee, (*C. costarricana*) Leonard; (*Henrya insularis*); (*Ruellia donnell-smithi*ñ. Leonard y (*R. nudiflora*) Engelm y Gray Urban; todas pertenecen a la familia Acantaceae (González Embarcadero, Guízar Nolasco y Díaz Osorno, 1996).

El sistema presenta un arreglo temporal simultáneo donde las especies de mayor importancia (1VI) son palma de llano (24,10), guamúchil (23,94) y guácimo (21,56), en el Estrato I; Palma de llano (16,76), Guanacastle (16) y Guácimo (16,00) en el Estrato II; guácimo (19,27), guapinol (18,31) y guanacastle (17,38) en el Estrato III.

### 5.8.1.4 Árboles en cercos vivos

Perteneciente a las tecnologías lineales con arreglo espacial mixto y arreglo espacial simultáneo, en la región se observan múltiples combinaciones donde las especies de árboles maderables interactúan con especies arbóreas, frutales y forrajeras, determinando arreglos con muchos o pocos Estratos (Figura 17); por su parte, algunos productores, ven a los árboles en los linderos como obstáculo para las labores agrícolas, la quema de pastizales y el control de plagas y enfermedades. Este sistema ocupa en el municipio el 18,75% de los sistemas agroforestales; en la parte baja (Estrato I), ocupa el 26,61%; en la media (Estrato II) 12,22% y en la parte alta (Estrato III) 13,51%.



**Figura 17.** Perfil semirrealista y danserograma de un sistema silvopastoril de árboles en cercos vivos, en el municipio de Rosamorada; Nayarit, México.

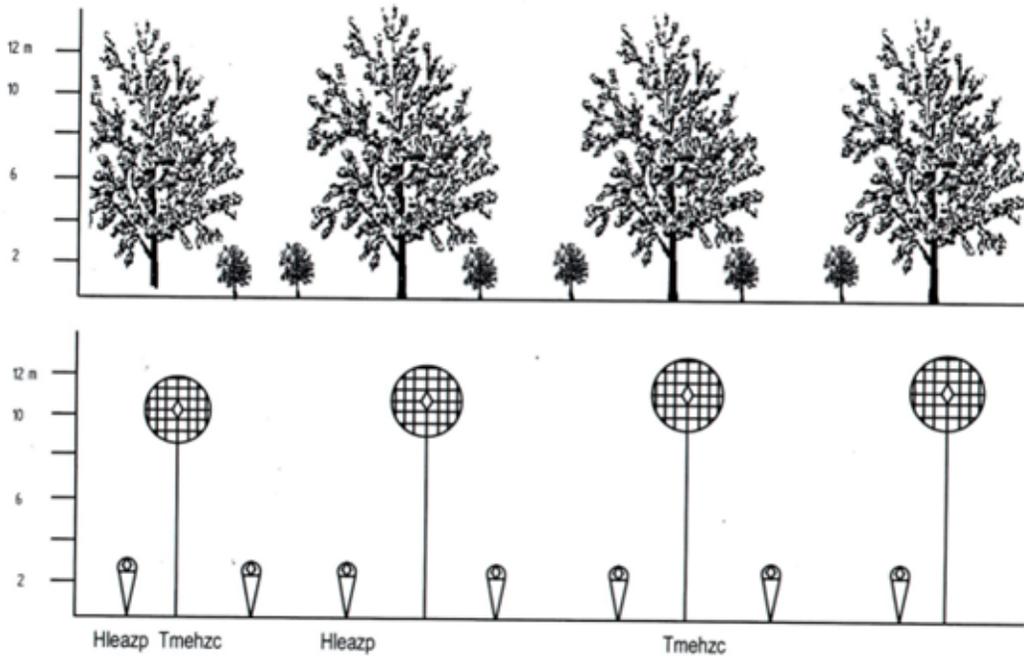
Entre las especies encontradas en el Estrato superior se registran el guanacastle, cedro, amapa, rabo de iguana, guamúchil, papelillo, rosa amarilla, arrayán, capomo, haba, mango, aguacate y camichin; en el estrato medio se encuentra guácimo, guamúchil, jarretadera, guinol, guapinol, trompeta, guayaba, cuastecomate, juan perez, palma de llano, cacahuananche, guaje, palo chino, y arrayancillo (*Psidium sartinianum*); en el estrato inferior se encuentran canelilla (*Lantana sp*), rascalavieja, tepame, huizache, malva (*Hibiscus sp*) y la hierba del toro.

En el Estrato I, predominan las especies guamúchil, guácimo, guinol, guanacastle con un valor de importancia de (21,26, 20,25, 19,35 y 19,26), respectivamente, en el Estrato II, las especies con mayor IVI, son guanacastle, guácimo, guamúchil y palma de llano (18,33, 17,73; 17,67 y 16,68) respectivamente; por último, en el Estrato III,

las especies, guanacastle (16,28), rabo de iguana (15,44), palma de llano (14,49) y papelillo (14,37), son las especies de mayor importancia ecológica, esquematizados a través de Danserograma y perfil semirealista en la Figura 17.

## 5.8.2 Sistemas de producción silvoagrícolas

### 5.8.2.1 Árboles mezclados en cultivos agrícolas



**Figura 18.** Perfil semirrealista y danserograma de un sistema silvoagrícola de árboles en cultivos agrícolas, en el municipio de Rosamorada; Nayarit, México.

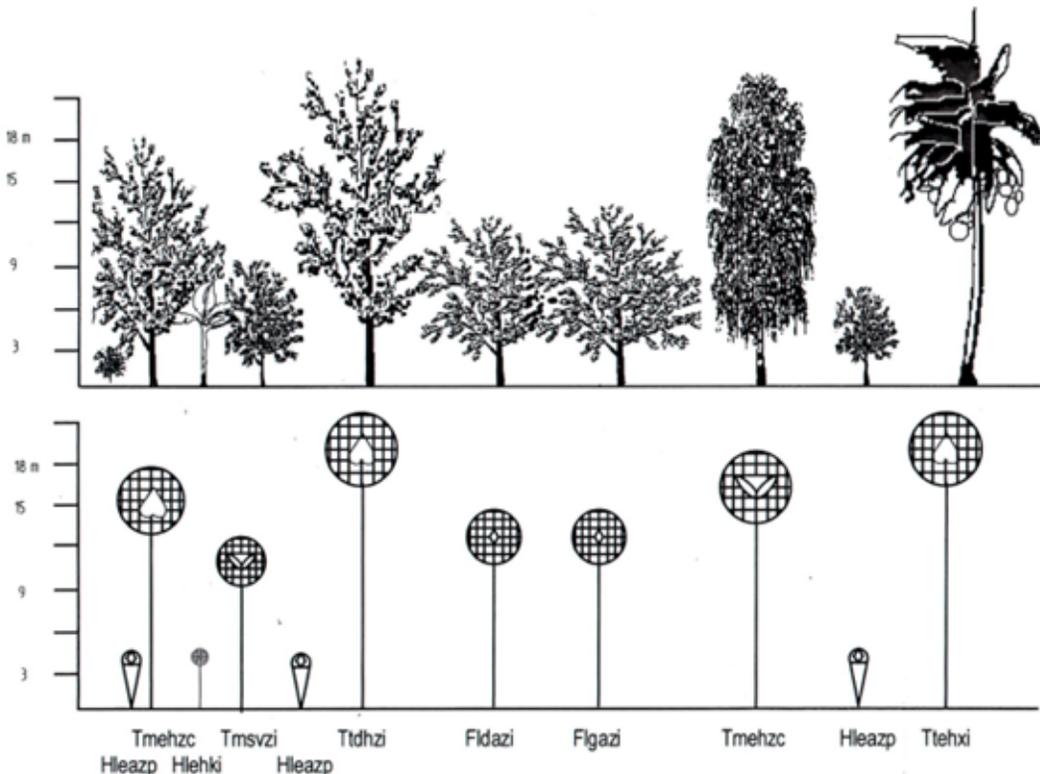
Una tecnología agroforestal muy escasa en el municipio ocupando el 1,04% de los sistemas, se encuentra en las partes medias y altas del municipio (Estrato I y II) en un 1,11% y 4,05%, respectivamente. Aunque la tendencia es a manejar los monocultivos; en los pocos sistemas encontrados, las especies más utilizadas son mango, tamarindo, nanche y cedro los cuales se combinan con especies de chile, jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), ocasionalmente con maíz y sorgo. Cabe resaltar, que en las etapas iniciales de la plantación de frutales como el mango y los cítricos es costumbre de la mayoría de los productores, sembrar cultivos agrícolas intercalados con los árboles (parecido al sistema Taungya); cuando estos sierran el dosel, suprime al cultivo, quedando únicamente la plantación mono específica.

Se pueden estimar de dos a tres Estratos formados por especies frutales y/o frutales, maderables (Figura 18), las que al final del ciclo permanecen como los componentes únicos del sistema. El inventario florístico evidencia en los Estratos I y II a la especie mango (134 y 150) como la especie de mayor peso ecológico en estos sistemas, seguido del cedro (58,09 y 56,66) respectivamente.

### 5.8.2.2 Huertos familiares o huertos caseros

Este sistema, ocupa en el municipio el 9,37% de los sistemas agroforestales; se distribuye de forma irregular, en la parte baja (Estrato I), ocupa el 12,09%; en la parte media (Estrato II) 3,33% y en la parte alta (Estrato III) 12,16%; presenta una tendencia poco clara, lo que indica que estos sistemas se encuentran en una etapa de transición con una gran fuerza hacia su especialización y desaparición. Siendo particulares y contradiciendo principios como los de Budowski (1986) y Nair (1993) de la complejidad extrema de estos sistemas.

De las especies encontradas en el Estrato superior se tiene mango, coco, arrayán, tamarindo, aguacate, cedro, guamúchil; en el estrato medio almendro (*Terminalia catapa*), limón (*Citrus sp*) papaya (*Carica papaya*), plátano (*Musa sp*), guaje, ciruelo, guayaba, anón (*Anona muricata*), chirimoya (*Anona cherimolla*); en el estrato inferior nopal (*Opuntia sp*), hazme como quieras, botón de oro (*Titonia diversifolia*), nanche y en estrato herbáceo, piña (*Ananas comosus*) y chile (Figura 19).



**Figura 19.** Perfil semirrealista y danserograma de un sistema agrosilvopastoril-huerto casero, en el municipio de Rosamorada; Nayarit, México

Aunque se observa una gran diversidad de especies en este sistema agroforestal su funcionalidad va dirigida casi a representar sistemas como las plantaciones formadas por especies de mango, coco, limón y no con un objetivo productivo permanente; de los huertos encontrados muy pocos en las comunidades están diseñados para

permitir una producción permanente, como indica Lok (1998); por lo tanto, carecen de hortalizas y plantas medicinales.

Según el análisis realizado a través del inventario florístico se evidencia en el Estrato I, la presencia de frutales como: guamúchil (28,69), mango (27,15) y ciruelo (24,24). Mientras que en el Estrato II, aparece una especie maderable amapa (28,71), seguido de mango (25,97) y coco (25,79), para finalmente en el Estrato III encontrar a las especies guamúchil, nanche, ciruelo y mango (28,04, 27,91, 26,54 y 26,47) respectivamente, como las especies de mayor peso ecológico en estos sistemas.

## 5.9 DISCUSIÓN

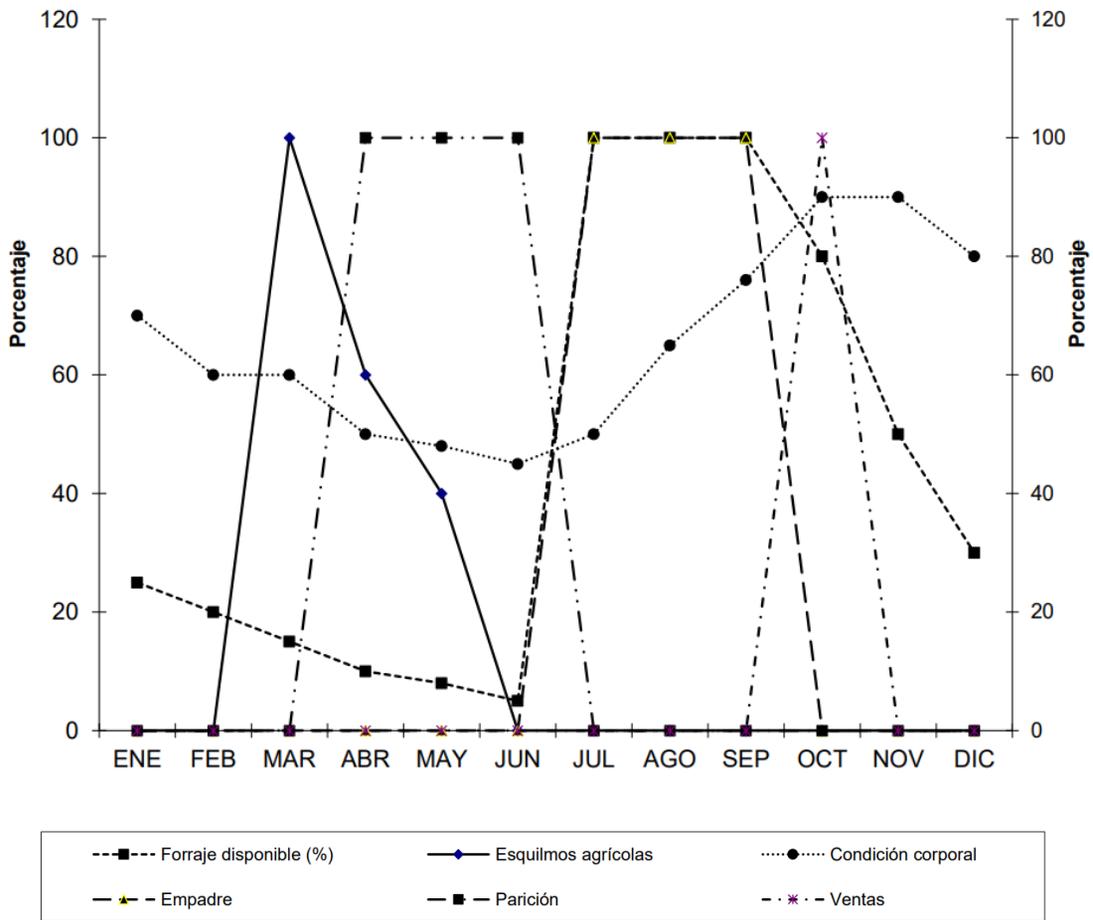
### 5.9.1 Dinámica de la producción ganadera

La producción ganadera comercial en las zonas áridas y semiáridas de México es, en esencia, y una empresa del sector privado que se basa casi por completo en la cría de razas europeas de ganado bovino (*Aberdeen Angus*, *Charolais*, *Hereford*, entre otros); esta producción tiene como principal objetivo satisfacer la demanda de becerros de engorda (Challenger, 1998).

Los ganaderos del norte árido de México tienen como filosofía obtener ganancias máximas con inversión mínima; debido a ello, prevalecen los métodos de producción extensivos, de modo que, el ganado pastorea directamente en pastizales semidesérticos y agostaderos de matorral xerófilo a los que no se les hace mejora alguna (Challenger 1998).

La ganadería extensiva ocupa grandes regiones de las que originalmente fueron zonas selváticas de México; en las zonas áridas y semiáridas, casi no compiten con la producción agrícola, pero los índices de agostadero son correspondientemente bajos; en los ecosistemas semidesérticos (ecosistemas de verdadera vocación ganadera), estos índices van en promedio de 12 a 16 ha por cabeza de ganado; en el matorral xerófilo de 20 a 30 ha por cabeza, aunque en algunos casos puede ser de 77 ha por cabeza, el índice de productividad se traduce en 5 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de carne.

En el municipio de Rosamorada, la dinámica de producción del ganado es semejante a la producción desarrollada en las regiones costeras y semidesérticas. En esta región, el ganado inicia desde el mes de enero carencias de tipo alimenticio; la curva de acumulación de los pastos, ya sea naturales o inducidos (llanero) presentan grandes incrementos en los meses de julio, agosto y septiembre, decreciendo hasta llegar a casi cero en junio como lo demuestra Terrazas-Prieto (1993); este fenómeno hace que la ganadería tradicional se enfrente a altibajos en los procesos fisiológicos; caso parecido ocurre con el empadre, el que se está realizando en los meses de mayor cantidad de forraje (junio, julio y agosto); por ende, los partos se presentan a partir de abril, mayo y junio; si consideramos la cantidad de forraje disponible que está alrededor del 7%, las vacas y becerros presentan una condición crítica que les puede ocasionar la muerte (Figura 20).



**Figura 20.** Dinámica de la producción de ganado bovino en el municipio de Rosamora, Nayarit, México.

Los ecosistemas del trópico por debajo de 1200 msnm, se caracterizan por alta temperatura y alta humedad relativa, lo cual dificulta, a los animales, disipar el calor corporal, causando estrés de calor. Con el propósito de aliviar el efecto de altas cargas de calor, los animales reducen el consumo de alimento y la actividad en general. Esta reducción en la entrada de nutrientes, disminuye la productividad de animales en zonas cálidas y húmedas, en particular a las hembras en lactancia (Bueno, 1998). Al analizar la condición corporal, definida como la pérdida o ganancia de peso en la medida en que se dispongan de las reservas suficientes para movilizar, aportando, a partir de esas reservas movilizadas, los nutrientes faltantes en la dieta, en relación con los requerimientos de los animales en esos momentos (Chayer y Pasqualini, 2009). Las escalas varían según el país que se trate, siendo el principio el mismo; para este análisis, se tomará la escala utilizada en Australia y Estados Unidos que va de 1 a 9, correspondiendo el valor de 1 a las vacas muy flacas y el de 9 a una vaca muy gorda (Cuadro 1. Apéndice). En la Figura 20, se observa que inicialmente las vacas están llegando al parto en una condición corporal pobre (5.0 y 4.8), lo que indica que los animales no están preparados para soportar este esfuerzo.

Algunos agricultores tratan de suplir las carencias de forraje con la alimentación a partir de residuos agrícolas (paja) según lo menciona Jiménez-Merino (2001), llevando el ganado a los lotes donde se ha cosechado. Esto ocurre en los meses de marzo abril y mayo, muchas veces prolongándose hasta junio. Si analizamos la calidad de estos forrajes la mayoría no cumple con los requerimientos nutricionales de los animales, agravado con que los ganaderos no suplementen en forma adecuada al ganado.

En el mes de junio, cuando inician las lluvias, los residuos de esquilmos son arrastrados por esta, dejando el suelo desprovisto de vegetación y el ganado a la deriva; paralelo a esto, con las primeras lluvias se inicia el rebrote de malezas, la mayoría tóxicas o con exceso de nitratos, las que el ganado consume ávidamente, con los efectos nocivos que esto ocasiona a los animales.

Por otra parte, durante el periodo seco, la temperatura máxima diaria es superior a aquella del período de lluvias (Bueno, 1998). Estas temperaturas hacen que el proceso de maduración de las pasturas se acelere, lo cual implica que la lignificación y la reducción en la concentración de proteína en el tejido vegetal; y, por lo tanto, la pérdida de valor nutritivo de las pasturas se acelera en el periodo seco (Améndola, 1998). La combinación entre disminución drástica en la disponibilidad de forraje en las praderas y el menor valor nutritivo de las pasturas, no permite a los animales cubrir las demandas nutricionales de mantenimiento (Bueno, 1998); de hecho, durante el periodo seco los animales pierden hasta 1 kg de peso vivo por día, pérdida que aumenta la edad de sacrificio de los animales y disminuye la calidad de las canales ofrecidas y su posicionamiento en el mercado (Maecha *et al.* 2000).

En lo concerniente a la cantidad de animales por hectárea (carga), el rendimiento del pasto presente en la región en mayor porcentaje de llanero, soporta 2,7 cabezas  $ha^{-1}$  (Terrazas-Prieto, 1993), pero los ganaderos están pastoreando hasta 5 cabezas  $ha^{-1}$ , situación que agrava esta situación; ya que en la región no existen estrategias tecnológicas de manejo del ganado; como lo son las regulaciones de las densidades de población y los regímenes de pastoreo, ocurriendo sobrepoblación, sobrepastoreo y el pisoteo excesivo (Améndola, 1998), llevando a pradera a cambios en su composición y deterioro de los suelos, que como lo reporta Borel (2000), afecta la pastura y por ende el rendimiento del hato (Baggio, 1984).

Por otro lado, otro grupo de ganaderos utilizan la trashumancia; en este sistema el ganado es apacentado en los potreros durante los meses de mayo a septiembre, luego es trasladado a la sierra hasta diciembre o febrero, alimentándose del ramoneo de arbustos, consumo directo de herbáceas y frutas que caen, específicamente de las especies guácimo, capomo, jarretadera, hierba del toro, pasto natural, guinol, guapinol, tepemesquite, entre otras; en los meses de marzo hasta junio son alimentados con esquilmos agrícolas y con paja de maíz, frijol, los que son almacenadas de manera rudimentaria en las viviendas o en sitios aledaños.

Cabe destacar que esta dinámica de alimentación causa problemas digestivos, cuando el ganadero no regula los productos, ni las cantidades consumidas por el ganado; como ejemplo tenemos la especie Guanacastle, que al ser consumido en exceso, sus semillas producen orina de color oscuro y el ganado sufre trastornos fisiológicos, lo mismo, en la época más crítica de la alimentación suministran granos sin un tratamiento previo, produciendo obstrucción de cavidades gástricas, o en la época de inicio de las lluvias dejan que el ganado consuma los brotes tiernos de ciertas plantas con la consecuente presencia de timpanismo.

Otro inconveniente, es el acceso del ganado a las fuentes de agua, ya que, en las épocas de sequía, esta escasea y los ganaderos no están preparados para suministrar agua suficiente a su hato, haciendo que el ganado consuma agua en poca cantidad y de muy mala calidad.

En cuanto al manejo de las actividades ganaderas; aunque es una actividad conflictiva en todo el municipio, el sistema de pastoreo bajo cubierta arbolada (partes medias y altas) es de vital cuidado, ya que se plantea que el propósito principal es producir productos forestales o de mantener la cubierta forestal para la protección de las cuencas (SARH, 1999); por ende, se deben diseñar sistemas acordes con los objetivos del productor y a la capacidad de uso del suelo.

El pastoreo en los bosques y selvas está trasformando inicialmente la composición del sotobosque (Améndola, 1998), por lo que no se debe olvidar los impactos que genera, como lo manifiesta la SARH (1999), existen numerosos componentes dentro de los bosques nativos, muchos de ellos desconocidos o endémicos, tales como maderas preciosas, hábitat, alimentos, medicinas, protección de cuencas, regulación del ciclo hidrológico, leña entre otros, que al no ser contabilizados y analizados se corre el riesgo de afectar o destruir sin tener un conocimiento del valor que representan: por ende cuando existan este tipo de actividades es necesario aplicar un pastoreo apropiado del bosque y un buen sistema de pastoreo (Bueno, 1998).

Otro aspecto importante a tener en cuenta es el manejo de los pastizales, el cual está condicionado por la cultura del fuego, para lo cual el productor establece los guardarrayas (fajas de terreno descubiertas o que poseen algún tipo de vegetación de baja combustibilidad) (SARH, 1999) y luego realiza la quema del material residual del pastoreo; esta actividad debe hacerse con sumo cuidado, debido a las características de la vegetación y al estado de sequía de los ecosistemas y al impacto sobre los elementos involucrados.

En la zona no existen bancos de proteína, ni bancos energéticos, por ende, la re-incorporación o conservación de arbóreas y arbustivas en las zonas de pastoreo bajo diferentes tipos de arreglos (bancos de proteínas, distribuidas en los potreros, cercas vivas, bosquetes, etc.) (Budowsky, 1980,1986; Nair, 1985, 1993, Mahecha *et al.* 2000) ha demostrado mejorar los índices de productividad de las ganaderías en el trópico, por aumentar producción de forraje, en particular durante el período seco y de mejorar la calidad nutritiva de los forrajes consumidos.

Su incorporación en las praderas o su cultivo, en forma de bancos de forraje de buena calidad, permite aumentar la disponibilidad de este forraje durante el período seco. La producción promedio de (MS), de (*L. leucocephala*), (*G. sepium* y *Eritrina* sp) varía entre 6-10 t/ha colocándose en el nivel inferior de producción en el rango superior de producción de las gramíneas mejoradas (Mahecha *et al.* 2000).

Así mismo, la incorporación de especies forrajeras, mejora de igual forma la respuesta productiva de los bovinos durante la época de mayor oferta de forraje, a través de estimular el consumo voluntario y aumentar la eficiencia de conversión alimenticia. La oferta de hoja ancha, permite aumentar el consumo de energía digestible en animales alimentados con gramíneas de baja calidad. La proporción de hoja ancha en el consumo total de materia seca, se ha estimado en 30% en el periodo de lluvias y hasta del 50% en período seco (Bueno, 1998).

La naturaleza de los nutrientes aportados por las especies mejora la eficiencia ruminal y la de utilización de los nutrientes absorbidos (Améndola, 1998). En relación con la proteína, muchas de las especies presentan, baja o media degradabilidad ruminal de la fracción proteica, lo cual permite aumentar el flujo de proteína dietética al intestino delgado y de allí mejorar el balance proteína energía en los nutrientes absorbidos. El aporte de micronutrientes parece mejorar también la población y actividad de los hongos ruminales incrementándose, de esta forma, la digestibilidad de la fracción fibrosa de la dieta.

La diversidad de especies arbustivas y arbóreas con potencial forrajero es muy amplia. En algunos estudios llevados a cabo en Centro América, y diferentes países africanos han identificado más de 90 especies consumidas por los animales (Nair, 1996). Sin embargo, los trabajos de evaluación de calidad nutritiva, características agronómicas y sistemas de utilización por parte de institutos del orden nacional e internacional se han centrado sobre muy pocas especies y ecotipos. Las especies más trabajadas han sido (*Leucaena leucocephala*), (*Gliricidia sepium*), especies de los géneros *Erythrina*, *Acacia*, *Albizia*, *Sesbania* y *Callyandra*).

Recientes trabajos de monitoreo realizados con especies que, por tradición son usados por los productores en proporciones bajas, en las dietas de rumiantes ej: *Guasuma ulmifolia*, *Crecentia cujete*, *Tithonia diversifolia*, *Ficus* sp. y porcinos (*Trichantera gigantea*) (Mahecha, *et al.* 2000) confirman el amplio rango de posibilidades que ofrecen los ecosistemas tropicales, para modificar la cobertura vegetal con beneficios para la productividad de la ganadería.

En México Jiménez-Merino (2001), plantea que las especies de mayor uso en ensilaje y henificación son alfalfa (*Medicago sativa*), avena (*Avena sativa*) y el maíz (*Zea mays*) y para el ensilaje cita a Salcedo-Carrascal *et al.* (2014), quienes proponen especies como *Andropogon gayanus*, *Chloris gayana*, *Hyperrhenia rufa*, *Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum*, *Helianthus annuus*, *Zizolobium deeringianum*, *Zea mays* y *Sorgo vulgaris*.

De otra parte, en otros lugares, los productores han mostrado alternativas de producción de alimentos concentrados para la suplementación de bovinos, con base en la utilización de frutos de leguminosas arbóreas. Especies como *Pithecellobium saman*, *Acacia farnesiana*, *Prosopis Juliflora* y *Enterolobium cyclocarpum*, producen frutos con alta concentración de azúcares (45,50% MS) y nivel medio de proteína (13-17%) (Bueno, 1998) y de alta palatabilidad por rumiantes. El volumen de producción de frutos varía entre 30 y 150 kg por árbol, dependiendo de la especie y la región. Las evaluaciones realizadas indican que la suplementación con estos frutos, en niveles del 15% del consumo, mejora la tasa de crecimiento en 200g d<sup>-1</sup> en toretes en crecimiento (Mahecha *et al.* 2000). La arquitectura y velocidad de crecimiento de estas especies, son las características ideales (Budowsky, 1985; Krishnamurthy y Ávila, 1999) (fuentes de sombra, control de vientos, producción de alimento concentrado y producción de leña y postería).

Sánchez (2001) enfatiza que la conversión de los sistemas tradicionales de pasturas en sistemas silvopastoriles, requiere superar desafíos tecnológicos relacionados a implantación de árboles en áreas ya establecidas con pasturas. Retirar los animales por un largo período para el crecimiento de los árboles o la construcción de cercas de protección para los renuevos son, en la mayoría de los casos, prácticas inviables debido a alto costo de la tierra, de la mano de obra y del material, además de no poder contar con esos recursos durante el periodo de crecimiento (Terrazas Prieto, 1993; Vanegas y Siau, 1994).

Algunas alterativas se presentan como: plantar árboles en las partes laterales del terreno utilizado para cultivos y posteriormente sembrar la faja con pasturas (sistema generalmente adoptado en Cuba con *Cynodon plectostachius* y *Leucaena leucocephala*, especies que sirven de alimento para el ganado, teniendo en cuenta, que la protección de los árboles se hace con material plástico alrededor del tallo para evitar que los animales consuman la corteza; por otra parte, la incorporación de semillas de leguminosas junto a dieta animal (que promueve la “siembra” en las pasturas durante la defecación de los animales) y mantener la regeneración natural de especies nativas, es otra práctica alterna. Según Ribask y Montoya (2000), que trabajaron con varias especies *Leucaena*, *Tabebuia Avellaneade*, Angico; *Parapiptadenia rigida*, Aracá, *Psidium caftleianum*, Dedaleiro; *Lafoensia pacari*, Alfeneiro; *Ligustrum lucidum*, Tipuana; *Tipuana tipu* y Monjoleiro; *Acacia polyphyla*, que fueron introducidas en pasturas naturales y protegidas por cerca triangular de alambre con púas, o con cerca con dos estacas en espiral de alambre con púas, se observó que las plantas protegidas con espiral de alambre, fueron las menos afectadas por el ramoneo de los animales. La cerca de tres estacas no fue capaz de contener el acceso de los animales y en los demás tratamientos, las plantas fueron completamente eliminadas.

De esta forma, según estos autores, fue recomendado plantar cercos con más de tres metros de altura y diámetro superior a cinco centímetros con estacas de protección bastante resistentes. En otro estudio de Ribask y Montoya (2000) evaluaron en Mato Grosso (Brasil) los costos de establecimiento de árboles forestales con animales en

la pastura. Los resultados demostraron que el tratamiento utilizado (protección de las plantas con alambre con púas en espiral con una estaca) fue capaz de permitir el crecimiento de las plantas. El análisis económico de los resultados demostró un aumento de 9% en el costo de la actividad ganadera, lo que llevaría a una disminución de 27% en el retorno económico.

Este retorno económico negativo solo sería compensado, cuando la sombra proporcionada por los árboles aumentase la ganancia de peso en 0,04 kg/día. Reforzando la falta de disponibilidad del área por la actividad de pastoreo durante la implantación de SAP. Rasmo y Andrade (2000) recomendaron la entrada de animales en sistemas compuestos por eucaliptos y pasturas, cuando los árboles alcancen dos metros o sea después de dos años de edad.

### 5.9.2 Comportamiento de los huertos familiares

Considerado como una pequeña unidad en el que se cultivan una gran diversidad de especies de uso muy variado (Nair, 1996); Herrera-Castro, *et al.*, 1993) cuyo fin primordial es proporcionar un complemento en la dieta y subsistencia de la familia (Granados *et al.*, 1999). Por lo tanto, recibe diferentes nombres y definiciones (Nair, 1986; Price, 1989; Nair, 1993). Monroy y Salazar (1993) indican que en México se les denomina solares, huerto o huerta familiar, parcela, traspatio y patio.

Torquebiau (1992) señala que los términos “huerto casero de árboles” o “huerto forestal” pueden ser un mejor nombre para los huertos caseros multiestrato, pues existen huertos caseros solamente con cultivos agrícolas. En el ámbito socioeconómico Kumar y Nair (2004) definen el huerto familiar como una reserva vegetal aledaña a la casa-habitación, cuyo establecimiento refleja identidad cultural como grupo y su relación con la naturaleza; en él, se practican actividades sociales, biológicas y agronómicas, constituyéndose en una unidad multipropósito alternativa del hogar. Aunque se encuentran huertos de características excepcionales, como es el caso de la comunidad de pescadero y otras más, este está conformado estructuralmente por especies maderables (3), frutales (14), forrajeras (2), herbáceas (medicinales y alimenticias) (27) y ornamentales (4); en la parte media se encuentran varios huertos con arreglos zonales (Agroforestería localizada en el espacio) con especies como coco, maíz, mango, plátano, papaya, jitomate, cebolla, cilantro, camote, nanche; estos huertos se han especializado en la venta local.

En las zonas altas los huertos familiares presentan un grave deterioro causado por la presencia de animales domésticos como puercos, burros, borregos y algunos bovinos, los que carecen de control; por lo tanto, circulan deliberadamente, en estos lugares se adolece de vegetación. Aunque varios huertos tratan de mantener especies como: plátano, papaya, pepino, jitomate, chile, en la mayoría de huertos las especies más comunes son mango, guamúchil, tamarindo, limón, papaya, nanche, arrayán y coco, no encontrando presencia importante de hortalizas y plantas medicinales; lo que define a estos sistemas, como un sitio de regocijo y almacenamiento y no de producción, como lo mencionan Budowski (1980), Lok (1998) y muchos otros.

### 5.9.3 Producción en acuaforestería

La Acuaforestería (silvoacuicultura o silvopiscicultura), es otra técnica agroforestal, se refiere a la producción de animales acuáticos, principalmente peces, en combinación interactiva con árboles y arbustos; puede practicarse en vegetación de mangle en aguas salobres de las áreas costeras o bajo aguas frescas de fincas integrales. Cano (1999) la define como una técnica que une árboles con la crianza de organismos acuícolas.

La acuaforestería, en áreas de manglares es un sistema de uso múltiple que promueve una existencia armoniosa entre los animales acuáticos y las especies de árboles de mangle en un área semicerrada que provee protección a las costas y mantenimiento a los ecosistemas (Krishnamurthy y Ávila 1999). Hay más de 1400 especies de animales acuáticos de importancia económica que están asociados con la vegetación del mangle (Krishnamurthy y Ávila 2000). El sistema silvoacuícola, es una técnica en el cual los árboles benefician a los peces, mientras que el ambiente acuático rico en nutrientes, puede ayudar al crecimiento del árbol; un ejemplo de estos es llevado a cabo en los cultivos de salmón, en donde la sombra del sauce llorón (*Salix babylonica*) mantiene fresca el agua del estanque y las hojas e insectos que caen del dosel, son fuente de suplementos alimenticios para el salmón (Lim y Dominy, 1998). Estos han demostrado que el uso de agua de riego provenientes de sistemas silvoacuícolas incrementa el crecimiento de los árboles de mezquite (*Prosopis granulosa*).

En china, según lo manifiesta Cano (1999), los estanques son usados como fuentes de agua y de nutrientes para riego de los árboles plantados alrededor de ellos y el lodo es usado como abono para las tierras de cultivo. El empleo de estos sistemas se ha llevado a cabo también en manglares; Sharma *et al.* (1985) afirma que las posibilidades de integración de las especies vegetales, los animales domésticos y la piscicultura son muy amplias.

Entre las técnicas acuícolas extensivas se encuentra el Sistema de Agro Acuicultura Integrada - SAAI, un modelo de producción formado por la asociación de varios subsistemas productivos (FAO 2004). En este se integran la acuicultura rural en pequeña escala con dinámicas productivas agrícolas, pecuarias y sociales (Murray y Little 2000). Este sistema resulta menos invasivo al entorno, permite utilizar recursos locales y subproductos vegetales, con producción adicional de alimento (Ahmed *et al.* 2014; Edwards 2015). El SAAI genera beneficios a raíz de la diversificación de la producción, aprovechamiento de todos los ecosistemas y menor impacto ambiental por reciclado de materia orgánica, así como la posibilidad de fabricar suplementos locales para la alimentación de los peces (Ahmed *et al.* 2014).

Los SAAI generalmente se desarrollan con especies nativas adaptadas al medio. En Colombia se encuentran especies con características únicas como *Prochilodus magdalenae* (bocachico), de hábito de-tritívoro e iliófago (Atencio-García *et al.* 2003) y *Piaractus* sp. cachama híbrida, de hábito omnívoro caracterizada por ser frugívora, herbívora y zooplanctófaga, lo cual hace que aproveche de manera efectiva los recursos

del estanque (Contreras y Canchila 2012; Cruz-Velásquez *et al.* 2014). El policultivo de estas especies presenta potencial de desarrollo en los sistemas integrados, puesto que aprovechan las dinámicas de integración y los flujos de nutrientes del estanque y permiten el uso de recursos locales para su alimentación (Ahmed *et al.* 2014).

En la zona esta actividad se realiza, utilizando el mangle como soporte del sistema productivo; a través de la historia y en muchas partes, las personas aledañas a estos lugares, empleando un sinnúmero de estrategias, han logrado obtener alimentos, vivienda y recursos económicos, bienes que han asegurado la permanencia en estos lugares y han podido desarrollar una forma de vida y cosmovisión propias. Las especies vegetales se han utilizado de diferentes formas, desde tiempos remotos, extrayendo productos para suplir sus necesidades de alimento refugio y demás.

La palabra mangle se deriva del vocablo guaraní que significa “árbol torcido” (Lacerda *et al.*, 1993), el manglar es mucho más que árboles torcidos, pues posee gran diversidad de especies adjuntas. Los manglares, corresponden al ecosistema constituido por árboles o arbustos que crecen en las zonas costeras de regiones tropicales y subtropicales. Los manglares regular u ocasionalmente son inundados por las mareas con aguas marinas o estuarinas, sin o con poca influencia del oleaje, por lo que su hábitat se restringe a las orillas de suelos arenosos o limo-arcillosos de bahías, lagunas costeras, canales de mareas (esteros), desembocaduras de ríos, bajos y barras de arena o lodo y “marismas”, abarcando desde una estrecha franja de pocos metros de ancho, de forma continua o discontinua, hasta densos bosques de cientos de hectáreas. La distribución de los manglares, consecuentemente, va a depender en gran medida del intervalo de las mareas, del declive topográfico y de la salinidad del agua y suelo (Flores-Verdugo, *et al.*, 2007). La acuaforestería desarrollada, tiene al mangle como la especie dominante, la importancia y función se pueden dimensionar desde el punto de vista científico, ecológico, estético, recreacional, social y económico.

Es fundamental analizar la importancia de los mangles desde la perspectiva de su valor real como ecosistemas, pues tradicionalmente, cuando se realiza investigación o manejo de ellos, existe la tendencia de la subvaloración y en muchas ocasiones no se identifican componentes básicos; por lo tanto, no se conocen sus funciones; lo que genera deficiencia en la definición de sus propiedades. En este sentido Sánchez-Páez, *et al.*, (2000), coinciden en esta afirmación e indican que el valor del mangle implica obtener de manera racional el valor sobre sus componentes, ya sea los derivados del uso de sus productos, funciones y propiedades

Tradicionalmente los componentes animales y vegetales, han sido objeto de aprovechamiento por parte de las comunidades locales (madera, carbón, corteza y ocasionalmente medicinas); este aprovechamiento no ocurre en el agroecosistema local, en donde solo hay aprovechamiento de la ictiofauna y regularmente madera; productos como el carbón, madera industrial y corteza no son aprovechados; si analizamos los servicios inmediatos, se aprecia que el turismo es otra actividad que tampoco se explota.

Aunque la presión ejercida en el manejo de los recursos pesqueros, incluye varios factores, como el crecimiento excesivo de la capacidad pesquera, captura incidental de especies asociadas, escasa atención a la problemática del sector pesquero, la indefinición de los regímenes de propiedad; las actividades humanas inciden negativamente, en el cambio del uso del suelo, contaminación (García, 2000), sobre explotación de algunas especies, construcción de canales, realización de caminos, entre otros. Semarnat (2000) resalta que la tendencia observada respecto a la captura de especies marinas, excede a las tasas de reproducción de los mismos; lo que hace de la pesca una actividad de sumo cuidado.

Las afirmaciones anteriores corroboran lo dicho por los productores en las encuestas, donde manifiestan que la reducción de los niveles de captura del camarón, se debe principalmente a la apertura del canal de Cuautla; construido con el fin de permitir la entrada de mayor volumen de especies hidrobiológicas, provocando la salinización del agua y el azolve generado por el arrastre aguas arriba de la cuenca; y otros que agregan además otros aspectos como la aplicación de dietas no dosificadas y venenos.

Al revisar diferentes textos, se aprecia que, no se tienen datos precisos sobre la presión ejercida directamente por la pesca, de subsistencia en sistemas marinos y dulce acuícolas, aunque el esfuerzo pesquero ha aumentado, de tal forma, que las personas dedicadas a la actividad, han duplicado o triplicado en número de unidades ejidales; los que, sumados a las cooperativas y particulares, representan aproximadamente el 93% del sector como lo reporta INEGI (1995).

El valor derivado de las funciones que desempeña el manglar es una hipótesis difícil de demostrar, pues no se conocen a cabalidad todos los componentes, sus interacciones subsidios, sucesiones y demás aspectos biológicos (Margalef, 1977); aunque se tiende a procesos continuos, para algunos manglares, se pueden dar pasos importantes, pero discontinuos llamados saltos (Dansereau, 1957).

Bajo otros elementos diferentes, ocurre algo similar en el ecotono del manglar y el bosque continental, parece que este último, tiende a ganarle terreno al manglar, empujándolo hacia zonas de suelo menos estables; de esta manera se realizaría la sucesión global ecosistémica del manglar, que posiblemente estaría ocurriendo y que debido a su lenta dinámica no es evidente.

Como lo mencionan Sánchez Páez *et al.* (2000), la sucesión implica cambios y por tanto sería una forma integral de analizar la dinámica de un bosque, pues además del arbolado deberán contemplarse los cambios climáticos, de la biota terrestre y acuática, el suelo y el agua.

En lo que tienen que ver con la muerte acelerada de algunas especies de mangle, se optaría por restaurar las áreas deterioradas, lo que implica el conocimiento de una serie de consideraciones técnicas, ecológicas y conceptuales, ya que el hecho de no poder definir la condición original de un ecosistema alterado, hace que se presente

otros problemas. Los limitantes serían la falta de conocimiento, sobre la variabilidad del ecosistema, incapacidad de predicción de cambios y el vacío sobre los procesos de restauración de estos ecosistemas; si se considera que estos estudios se refieren más a la auto ecología que la sinecología, como la afirman Sanchez Páez et al. (2000). De tal manera, que esta restauración se refiere a todas las actividades que conlleven a mejorar los procesos naturales en las zonas alteradas.

En ese sentido, la acuicultura posiblemente permitirá reducir la presión sobre las poblaciones naturales de los recursos pesqueros, también lleva inherentes una serie de impactos negativos sobre las regiones; mismos que están relacionados con aspectos como: el impacto sobre los ecosistemas frágiles; a los cuales pertenece el manglar, donde son significativos los impactos A nivel mundial.

Pero al crecer la actividad, algunos autores, manifiestan que se aumenta la amenaza de alteración del hábitat, la salinización de los suelos, sobre explotación de los mantos freáticos, modificaciones de los flujos y reflujos de las mareas, descarga de efluentes, captura de larvas y alevines nativos y eutrofización; afectando áreas críticas de lagunas costeras, manglares, arrecifes, o bien inciden sobre las actividades productivas. (INE, 2000, SEMARNAT, 2000).

En lo concerniente a la alimentación de la fauna íctica confinada en un estanque, se determina que, ninguno de los productores utiliza insumos alternativos a los concentrados industriales, manifestando desconocimiento de la utilización de estos. Al respecto (Tacon, 1990, 1994) manifiesta que se han realizado numerosos esfuerzos en la búsqueda de fuentes alternas de proteína vegetal para la substitución total o parcial de la harina de pescado. A la fecha del estudio, pocos productos se pueden utilizar a nivel comercial, debido a sus costos de producción, niveles y nutrientes, balance de aminoácidos, baja disponibilidad de la materia prima, entre otros.

Es evidente que la acuicultura integral de agua dulce de Asia, especialmente de china e India que aportan el 65% de la producción mundial, se basa en la fertilización, utilización de desecho y subproductos de la ganadería, agricultura y la industria para la producción de alimentos, Tacon, (1990, 1994) indica que es la acuicultura sostenible, y la única que exporta nutrientes a la agricultura a través de una integración de cultivos. Por su parte, la acuicultura semi-intensiva e intensiva de peces y crustáceos marinos, recibe proteínas, carbohidratos y aceites de la pesca, la agricultura y la ganadería, pero esta no exporta a recicla ningún recurso a estos sistemas de producción, siendo por lo tanto una actividad altamente dependiente de una industria de la producción de alimentos y en consecuencia con dificultades para ser sostenible.

Es fundamental por lo tanto, como lo plantea (Clarke, 1994), establecer modelos similares de ciclaje de nutrientes en la acuicultura intensiva de peces y crustáceos de aguas salobres y marinas, especialmente para reciclar fósforo y nitrógeno, que se libera a través de efluentes, para ello la acuicultura alternativa con especies de halófitas y sus subproductos, son todo un nuevo potencial de utilización de proteínas

no convencionales, ya que estas plantas pueden ser cultivadas, en las cada vez más abundantes tierras salinas, generadas por la agricultura y la construcción de presas y canales, así como la reutilización de las tierras erosionadas, por las malas prácticas agropecuarias. Yensen y Weber (1987), Yensen y Weber (1988) y Clarke (1994), plantean al respecto que los efluentes de las granjas de aguas marinas, salobres o dulces, podrían ser utilizadas para el riego de halófitas, generando forraje para el ganado, gramíneas u oleaginosas (*Salicornia* sp.), que han probado tener niveles importantes de proteínas (40%) y aceites (30%). Estos cultivos se han promovido a nivel piloto en algunos países, con la necesidad de obtener aceites para el consumo humano, con subproductos utilizables en la acuicultura y la ganadería.

En el sureste de Asia, las hojas de los árboles alimentan a los peces, lo que reduce la necesidad de comprar alimento disminuyendo así los costos de producción. Las especies arbóreas mayormente usadas para alimentar peces son: *Leucaena* spp, *Sesbania* spp) y *Calliandra* sp, siendo las especies acuícolas la *Tilapia* spp y la carpa herbívora (Cano, 1999).

Varios estudios experimentales indican que las diferentes especies de peces (*Labeo rohila*, *Catla catla*, *Tilapia nilótica*), camarones (*Panaeus monodun*) y Gambas (*Macrobrachium rosenberqui*) pueden producirse usando alimentos de hoja de árboles y arbustos forrajeros como *Leucaena leucocephala*, *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium*, y *Sesbania sesban* (Krishnamurthy y Ávila, 1999).

Oleaginosas como *Glicine máxima*, *Gossypium* spp, *Cocus nucifera*, *Brassica napus*, *B. campestris*, *Candida* spp, *Arachis hipogea*, *Sesamum indicum*. Proteínas vegetales de origen unicelular (levaduras), *Candida* ssp, *Hansenula anomala*, *phaffia rhodzyma*, proteína bacteriana *Methylophilus methylotropus*, *Micrococcus glutamicus*. *Brevibacterium lactofermentum* y *Bacterium glutamaticum*, hongos filamentosos *Geotrichum candidum*, microalgas *Spirulina* spp, *Clorella vulgaris*, *Cladophora glomerata*, *Hydrodictyon reticulatum*, *Mycrocystis aeruginosa*, concentrados de proteína foliar *Sesbania grandiflora*, *Lupinus albus* y *Canavalia ensiformis* y *Vicia faba* (Martinez-Palacios et al., 2019).

#### 5.9.4 Dificultades

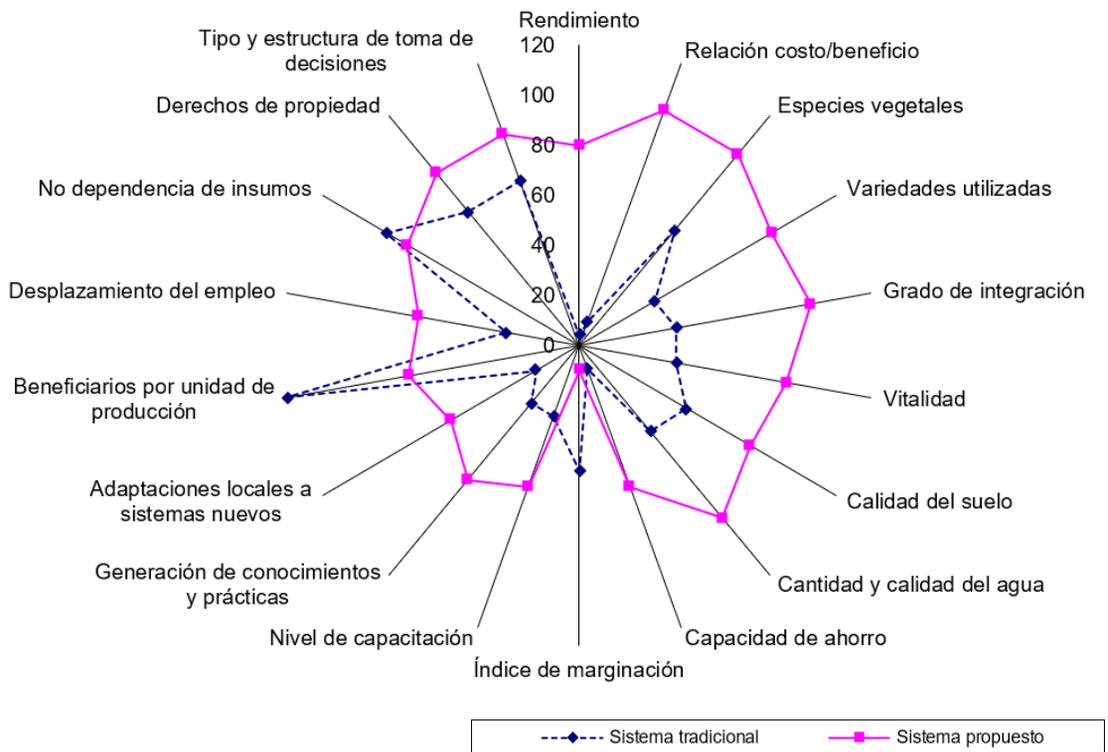
Los productores manifiestan que las principales dificultades para la realización adecuada de sus actividades productivas son en su orden de importancia las que se presentan en la Tabla 19.

**Tabla 19.**

*Problemas de los sistemas productivos agroforestales planteados por los productores*

Estrato I	Estrato II	Estrato III
Baja productividad	Bajos ingresos	Bajos ingresos
Bajos ingresos	Deficiente agua para riego	Deficiente agua para riego
Sobre explotación de los marismas	Carencia de forraje en época seca	Bajo precio de los productos

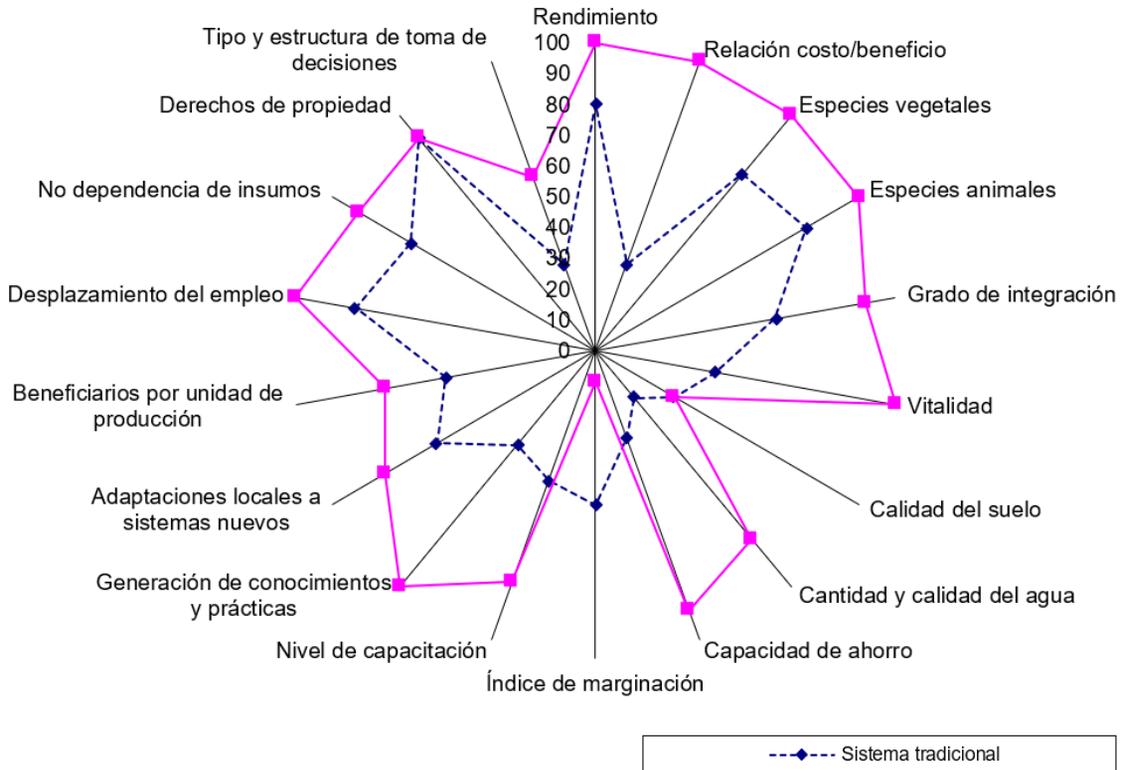
Poca comercialización	Bajo precio de los productos	Carencia de forraje en época seca
Afectación del ecosistema de manglar	Presencia de plagas y enfermedades	Deficiente asistencia técnica
Muerte del mangle	Poca comercialización	Estacionalidad de las cosechas
Contaminación del agua de mar	Deficiente asistencia técnica	Inadecuada maquinaria y equipos
Falta de apoyo del estado	Inadecuada maquinaria y equipos	Presencia de plagas y enfermedades
Deficiente pasturas en época seca		
Cambios abruptos en el flujo del agua		
Presencia de plagas y enfermedades		
Carencia de maquinaria y equipo		
Vedas de camarón y madera		



**Figura 21.** Integración de indicadores en el sistema silvopastoril estrato I y II en el municipio de Rosamorada, Nayarit.

Para facilitar el análisis de esta problemática, se presentan gráficas elaboradas con la metodología AMIBA; es así, como en la Figura 21, se muestra la dinámica de un sistema silvopastoril “tipo” en las zonas baja y media, (Estratos I y II), se advierte que los rendimientos son muy bajos, presentando conflictos entre costos de oportunidad de la tierra y la productividad de éste sistema; en ese sentido no se están introduciendo especies vegetales de alto valor las que aumentarían la biodiversidad como plantea Andow (1991), al parecer por la calidad de los suelos, carencia de agua y factores climáticos, que determinan la vitalidad y estacionalidad de los componentes. La capacitación es prioritaria para la administración productiva y las adaptaciones locales a sistemas nuevos, la dependencia económica es alta y se genera poco

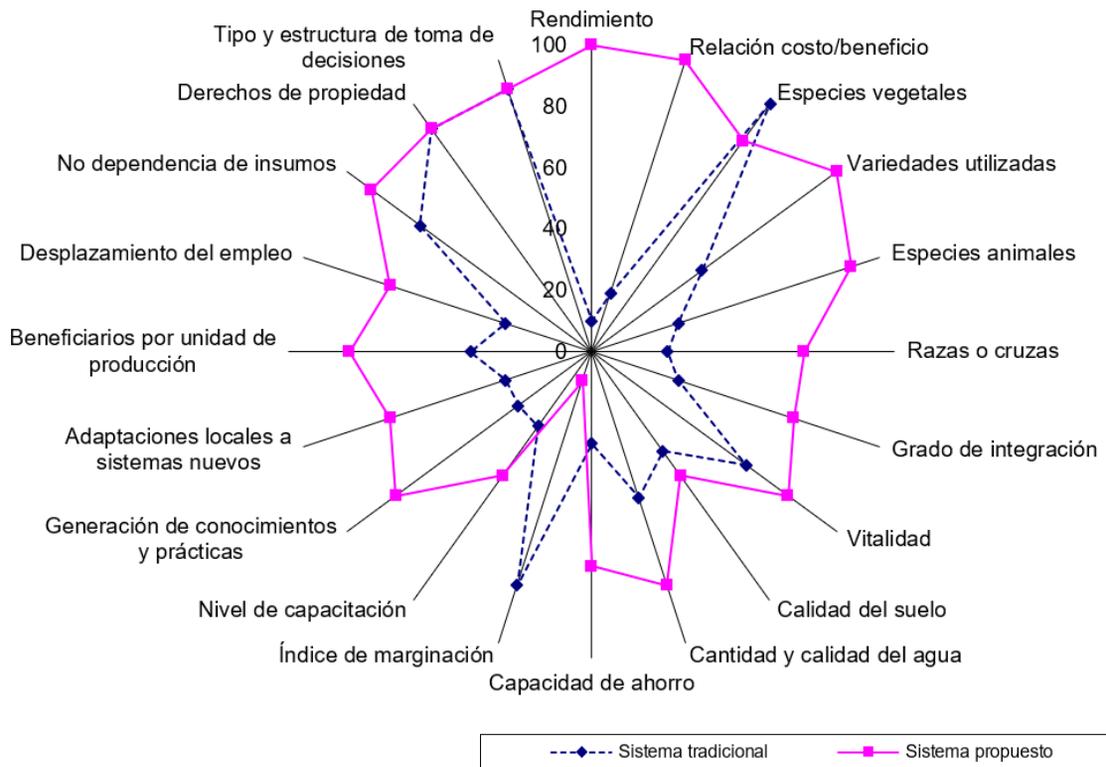
empleo, factor de desestabilización social. En lo concerniente a la comercialización de productos, aunque los productores se encuentran agrupados en un ente jurídico (asociación ganadera) (García, 2000), no se realizan procesos de comercialización, ni de industrialización de productos animales, los que aportarían ingresos extras a los productores y generarían empleos en el corto plazo.



**Figura 22.** Integración de indicadores en el sistema acuaforestal en la zona baja (estrato I) en el municipio de Rosamorada, Nayarit.

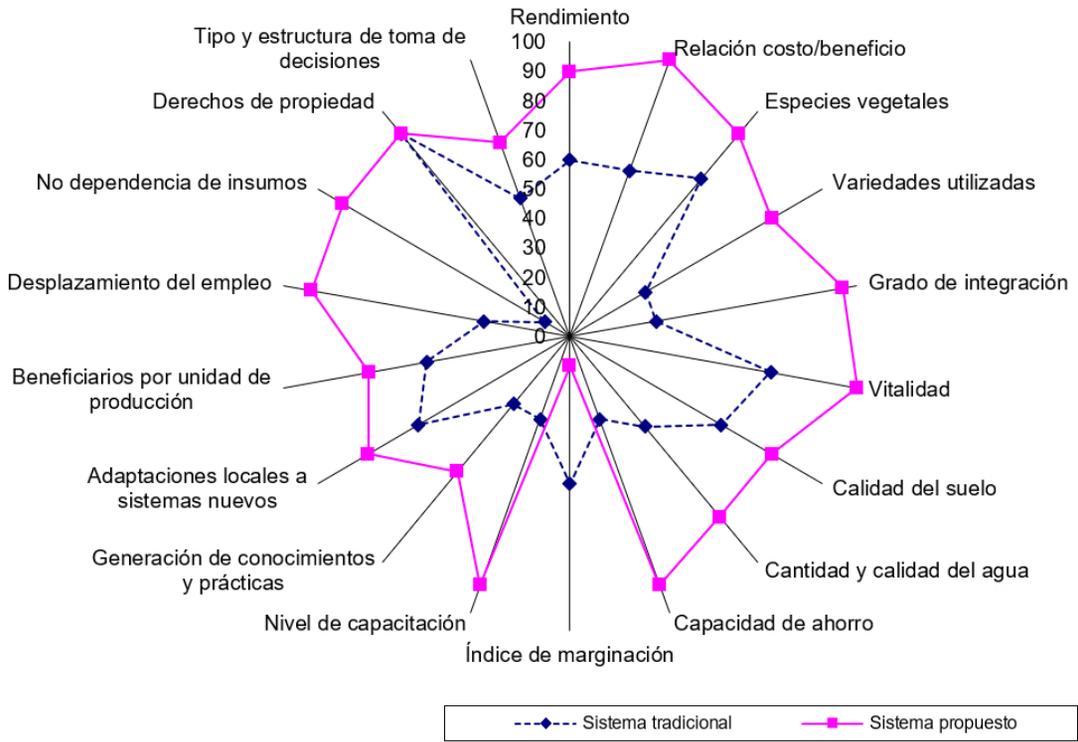
En la esquematización del sistema acuaforestal, mencionado anteriormente, por las particularidades que éste presenta en su comportamiento, con la metodología AMIBA, (Figura 22), aunque presenta un buen desempeño, tanto ecológico como económico, actualmente los rendimientos son bajos comparado con la capacidad productiva de estos ecosistemas. Por otro lado, aunque las especies acompañantes de fauna y flora de estos ecosistemas, aunque se manejan empíricamente, se requieren medidas de preservación de estas áreas ya que son objeto de aprovechamientos conflictivos como los planteados por Valdez, (1991). Catalizados por las actividades humanas, los que conlleva a la desestabilización de los organismos adjuntos. Por otro lado, la comercialización, aunque se realiza a través de organizaciones cooperativas encargadas de vender el producto, según lo planteado por García (2000); solo lo hacen in situ; por ende, las actividades productivas no retribuyen lo esperado ya que la utilidad la adquieren los que venden estos productos en los mercados nacionales e internacionales.

La esquematización en la Figura 23 de un sistema silvopastoril tipo en la Zona alta (Estrato III); muestra que, aunque presenta los mismos inconvenientes en las tres zonas, (Estratos I, II y III); en éste lugar se incrementa la problemática, debido a los conflictos de esta actividad con el uso del suelo (SARH, 1999), afectación del ambiente, bajos rendimientos y al alto nivel de marginación que presentan los habitantes, según lo planteado por la Presidencia Municipal y el Conapo (2002); aunque se tiene un potencial vegetal y animal no explotado, esto no redunda en buenos rendimientos.

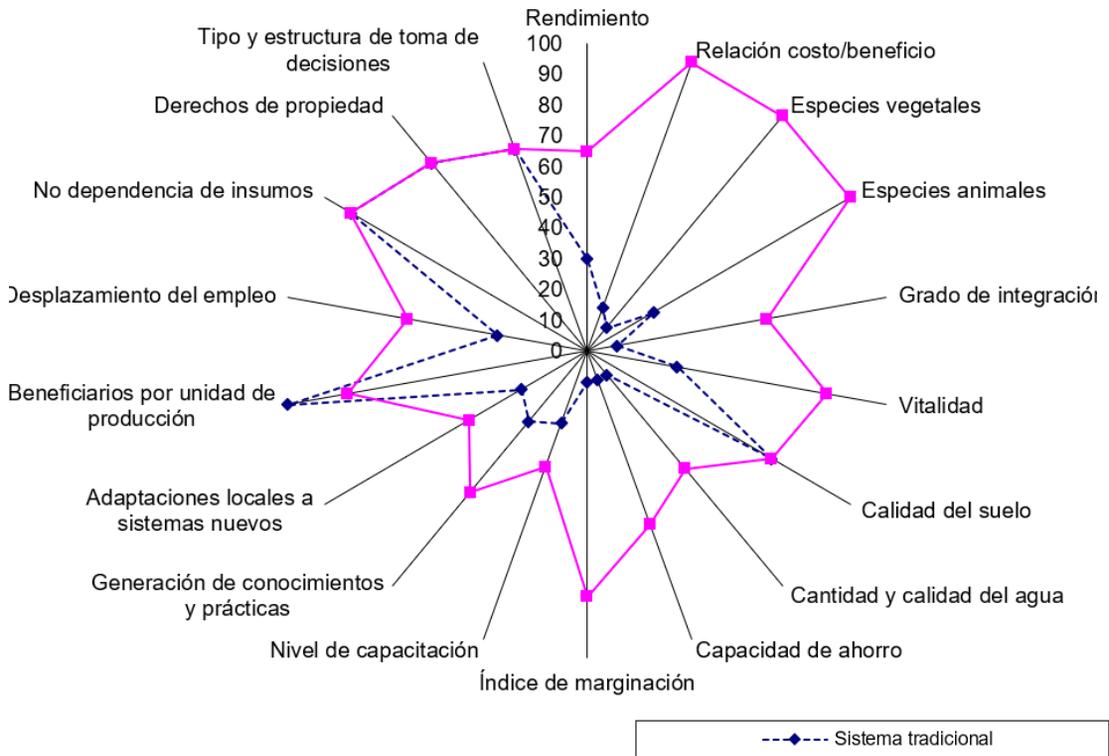


**Figura 23.** Integración de indicadores en el sistema silvopastoril estrato III en el municipio de Rosamorada, Nayarit.

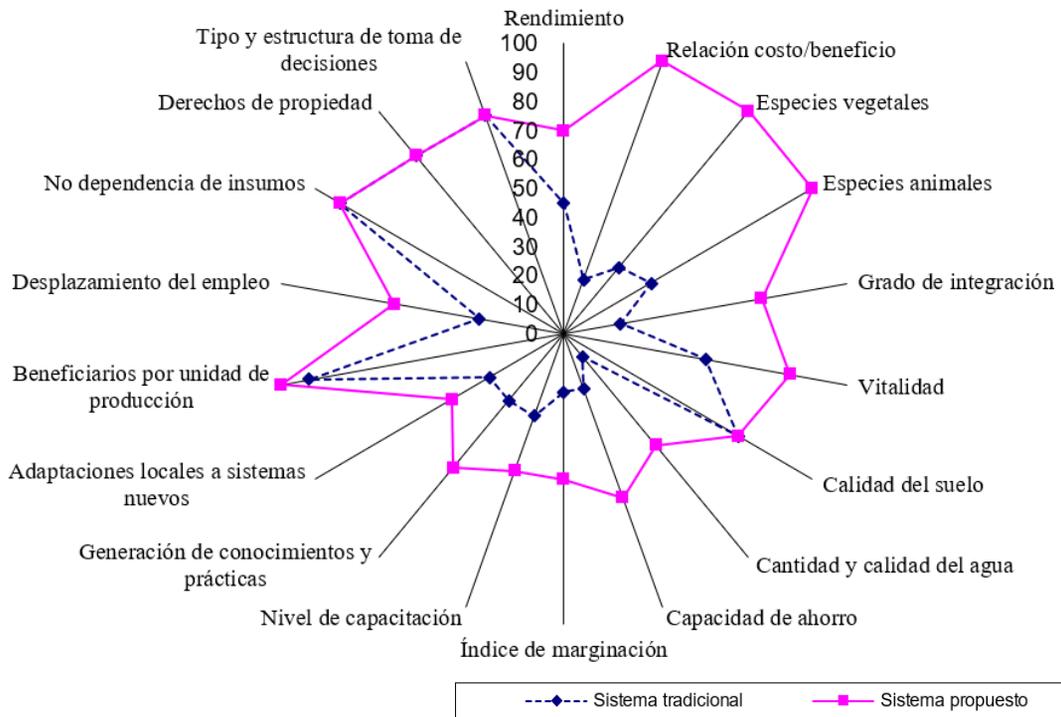
El sistema agrosilvícola de la zona media (Estrato II), aunque en los indicadores presenta una leve tendencia a ubicarse en un rango medio (Figura 24), es preponderante el incremento de los rendimientos aumentando las especies vegetales en los sistemas, lo mismo, que las variedades de alto rendimiento y mejorando la comercialización de los productos, ya que las especies de árboles frutales, para este caso, presentan conformación y edades elevadas, por otro lado, en ese orden de ideas es de notar que se sigue la problemática de la baja oferta de agua en épocas de sequía, lo que limita el desarrollo de los procesos biológicos vitales, lo mismo que la manifestación de la poca voluntad y capacidad de los productores para ahorrar algunos excedentes de dinero y la falta de capacitaciones apropiadas, tanto en el manejo de tecnología de punta como las tecnologías aplicadas para situaciones específicas en zonas marginales.



**Figura 24.** Integración de indicadores en el sistema silvoagrícola/agrosilvícola estrato II en el municipio de Rosamorada, Nayarit.



**Figura 25.** Integración de indicadores en el huerto casero estrato III en el municipio de Rosamorada, Nayarit.



**Figura 26.** Integración de indicadores en el huerto casero zona media en el municipio de Rosamorada, Nayarit.

La Figura 25 describe el sistema agroforestal huerto casero en las zonas altas (Estrato III), se denota claramente que su producción no está acorde con lo esperado en sistemas de éste tipo, según lo afirman Lok (1998); Harwood (1979); Altieri (1992), Hoogerbrugge y Fresco (1993), House y Ochoa, (1998); debido a la poca cantidad de las especies animales y vegetales vinculadas, las interacciones negativas generadas con la presencia de animales, la carencia de canales de comercialización y poca voluntad de los habitantes a mantener estos sistemas.

Los huertos caseros en las partes medias y bajas (Estratos I y II), presentan un rendimiento más elevado que los mismos en el Estrato III, pero esto no los hace adecuados a su capacidad productiva, tienen más componentes vegetales y animales por unidad de área, pero no utilizan todo ese potencial, debido a la carencia de agua (manifestado principalmente por las mujeres), esto se aprecia en la Figura 26. en ese sentido, la integración de las actividades productivas con la comercialización es nula.

Aunque muchos autores plantean que los huertos caseros no son homogéneos, presenta variaciones marcadas en la composición de las especies, sus arreglos estructurales, importancia relativa de los componentes de la producción, el papel o propósito del huerto casero y del insumo nutritivo e ingreso de beneficios monetarios para la familia en cualquier área dada, estos preceptos no se cumplen en la zona como se ha mencionado reiteradamente; motivos por los cuales deben de ser de estudio, en el mediano y largo plazo.

### 5.9.5 Propuestas agroforestales

Según la metodología D&D (ICRAF, 1983; Raintree, 2000), el objetivo principal de diseñar un sistema agroforestal (Venegas y Siau, 2001) es resaltar características ecológicas fundamentalmente del bosque (Altieri, 1992), de modo que la comprensión de estos procesos en un sistema natural resulta de vital importancia; en los cuales se deben tener principios de sostenibilidad, complementariedad (Hart 1990; Harwood 1979) sobre el diseño de secuencias de cultivos de manera análoga a la sucesión natural (Gastó, 1979; Budowsky, 1985; Austin, 1987; Fassbender, 1993; Challenger, 1998) En las zonas tropicales húmedas, los modelos de reemplazo sucesional pueden ser particularmente apropiados para diseñar sistemas agroforestales como lo plantea el CATIE y OTS (1986); pero en las zonas diferentes a estas, las cosas se hacen más complejas.

Para abordar el diseño de sistemas agroforestales en el municipio de Rosamorada se utilizó la metodología en D&D (ICRAF, 1983) y la realización de reuniones, charlas y preguntas sobre la preferencia de especies de árboles maderables, forrajeros, frutales, especies de pastos y razas de animales que deberían hacer parte de los sistemas agroforestales, con los cuales se debe iniciar las investigaciones sobre las interacciones de acuerdo con Hart, (1979), (1985), (1990); Raintree, (2000); Nair, (1985); Batish *et al.* (2007), como resultado, en la Tabla 20, se plantean: (4) especies maderables, (11) especies de frutales, (6) especies de árboles forrajeros, (14) especies de cultivos y (9) especies de pastos; lo mismo que (11) especies pecuarias; para con este conjunto de componentes y las tendencias descritas en cada Estrato, iniciar con trabajos sobre las diferentes combinaciones y potenciamiento de las interacciones positivas.

**Tabla 20.**

*Propuestas de los componentes biológicos para el diseño de los sistemas agroforestales.*

Especies de árboles/arbustos/forrajes			Especies		Pecuario
Maderables	Frutales	Forrajeros	Agrícolas	Pastos	
Amapa	Aguacate	Cachuate	Cacahuate	Buffel	Beef master
Caoba	Arrayán	Capomo	Café	Estrella africana	Borregos
Cedro	Ciruelo	Guácimo	Camote	Guinea	Camarones
Mangle	Guayaba	Leucaena	Chile	Insurgentes	Equinos
	Limón	Maíz forrjero	Fríjol	Jaragua	Cebú
	Litchi	Sorgo forrajero	Jamaica	Llanero	Cebú_Brahma
	Mango		Jitomate	Natural	Charolais
	Nanche		Maíz	Pará	Draw master
	Naranja		Melón	Brachiaria	Pardo suizo
	Papaya		Platano		Simbra
	Yaca		Pepino		Peces
			Piña		Aves de corral
			Sandía		
			Sorgo		
			Tomate		

Con las recomendaciones de Budowsky (1980, 1985 y 1986), Beer y Somarriba (1984), Montagnini *et al.* (1992), Combe y Budowsky (1979), CATIE /OTS (1986), ICRAF (1983), Young (1989), Fassbender (1993), Casanova *et al.* (2007), Barroso *et al.* (2013) y otros; se trata de realizar una síntesis de los indicadores descritos y analizados de tal forma que se sustente el desarrollo de una propuesta que los integre. Por su parte, esta propuesta va centrada a la promoción e investigación en sistemas agroforestales y el principal tamiz sean los principios de sustentabilidad y diseño, enunciados anteriormente.

Con las propuestas e investigaciones se debe lograr el movimiento positivo hacia la producción sostenible considerando cuatro elementos básicos: a) ritmos culturales y agrícolas, b) enfoque de sustentabilidad c) la diversidad de la estructura económica familiar y d) una técnica económica, duradera y versátil (Gosz, 1992). Además, tomando como base las especies, dificultades manifestadas por los productores, recomendaciones de muchos autores y la metodología D&D y lo encontrado con la metodología AMIBA, se propone lo siguiente:

1. En lo referente a la productividad en la cual el criterio es la eficiencia, bajo los indicadores de rendimiento por hectárea y relación beneficio/costo (Budowsky, 1980; Clark, 1995; Masera, Astier y López Ridaura, 1999); las líneas de acción propuestas son el mejoramiento y la adopción de tecnologías y especies con altos rendimientos en zonas marginales, que perfectamente pueden desarrollarse en el Estrato II del municipio con técnicas de bajos insumos (*Low input*) (Clark, 1995).
2. Para la estabilidad, resiliencia y confiabilidad; donde se tomaron los criterios de diagnóstico la diversidad, conservación de recursos, y calidad de vida; cuyos indicadores estratégicos se establecieron como las especies cultivadas, número de cultivos, número de animales, vitalidad del sistema, calidad del suelo y agua, grado de integración producción / comercialización y capacidad de ahorro; se proponen las líneas de acción como la del manejo y mejoramiento de especies animales y vegetales, integración de los mecanismos de intercambio tecnológico y comerciales, construcción de obras de conservación de suelos en las cuencas hidrográficas, construcción y mantenimiento de viveros de especies nativas multipropósito y de alto potencial para la reforestación, establecer canales de comercialización adecuados y generar valor agregado a los productos y por último tratar de elevar el nivel de ingresos de la comunidad a través de la implementación de sistemas agroforestales.

Los sistemas agroforestales encontrados son el punto de partida por ende se proponen líneas de acción en base a éste supuesto a) la diversidad de las especies y su comportamiento b) la identificación y optimización del espacio, por lo cual se permitan aumentar los rendimientos por/ pda de superficie, aquí se encuentran asociados componentes tecnológicos como los niveles de productividad, actividades socioeconómicas en torno a las unidades productivas

En relación con la calidad del suelo y la cantidad y calidad del agua; para el primero se debe hacer una zonificación del municipio y determinar áreas y tipo de afectación, con lo cual se puede definir las obras o actividades de recuperación y conservación; hay también presencia de ensalitramiento de suelos, para lo cual se debe contar con el concepto de expertos para estos pasos. En lo concerniente a la calidad y cantidad del agua, se debe hacer estudios tendientes a la optimización de la oferta y uso de este recurso, tanto con obras a nivel macro como soluciones puntuales a cada unidad productiva.

El índice de marginación registrado en este estudio y reportado por Conapo (2002) para los diferentes poblados y el municipio, evidencia el grado de atraso en el cual ha permanecido; aunque se observa que en algunos Estratos se presenta variación y no se puede generalizar, se puede decir que el municipio no ha superado sus niveles de marginación y permanece rezagado, sí se hace una ponderación, se denota que los servicios escasos en el municipio, evidencian más la carencia en las localidades periféricas y más aún en la sierra.

3. Para el atributo de adaptabilidad, con el criterio de diagnóstico la capacitación y capacidad de cambio e innovación, calificado por los indicadores estratégicos nivel de capacitación, generación de conocimientos y prácticas y adaptaciones locales a sistemas nuevos; se proponen las líneas de acción en capacitación, para el uso adecuado de tecnologías e insumos, valoración participativa de tecnologías, fomento de prácticas tradicionales valiosas y adaptación de éstas a las condiciones de cada productor.

El incremento de los niveles productivos por unidad de superficie, con una fuerte estrategia de comercialización debe ser el objetivo prioritario de una propuesta para la zona, esto no significa necesariamente, la introducción de tecnologías intensivas en capital; se puede optar por alternativas como es el caso de las compostas, abonos orgánicos, variedades locales que pueden ser más adecuadas a la condición local. Por ende, se pueden introducir tecnología de riego, invernaderos, micro túneles, silos de bajo costo, que ayuden a obtener mayores rendimientos por unidad de superficie y optimicen el uso de recursos.

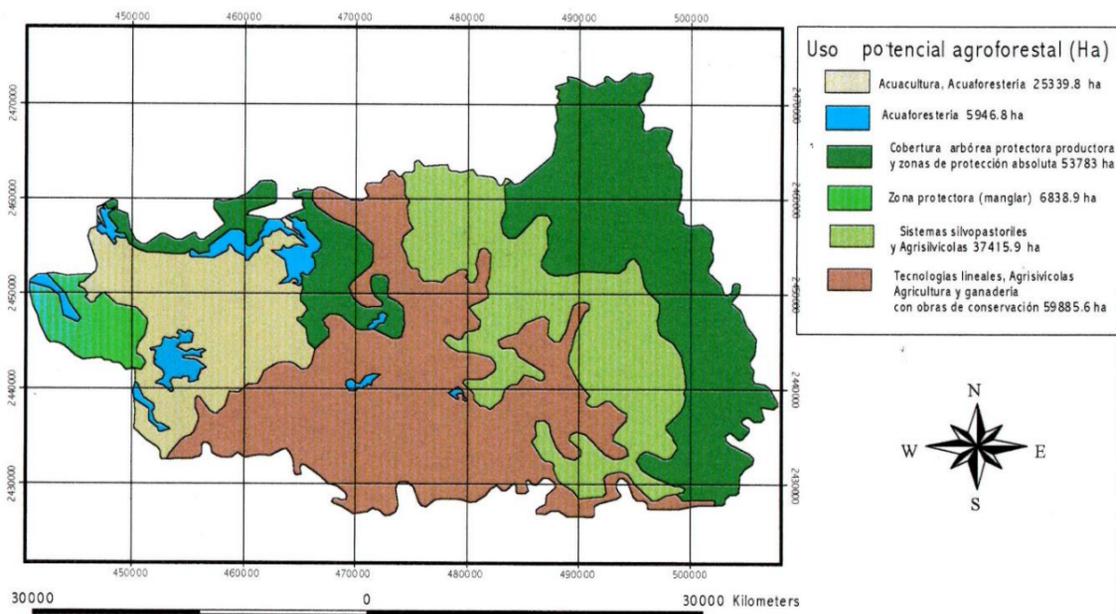
4. En el atributo de la equidad, cuyo criterio de diagnóstico fue la distribución de costos y beneficios y evolución del empleo, con indicadores de beneficiarios por unidad de producción y desplazamiento del empleo, se proponen las líneas de acción: propender por la realización de acciones integrales que eleven la participación de la unidad familiar en el manejo de los sistemas productivos y el fomento de especies alternativas a las condiciones locales y le generación de valor agregado a las materias primas.

En este caso se propone revalorar la división interna del trabajo que existe en el interior de las familias. En este estudio se evidencia la salida de los jóvenes a vender su fuerza de trabajo, las mujeres, niños y personas de la tercera edad permanecen

en el hogar participando de las Actividades productivas. El refuerzo de las estructuras productivas y las organizaciones sociales debe ser un hecho preponderante.

- Autogestión, este último atributo, con criterios e diagnóstico la autosuficiencia, organización y control; con indicadores estratégicos como el grado de dependencia de insumo, derechos de propiedad y tipo de estructura de toma de decisiones; se proponen las líneas de acción como tratar de disminuir la dependencia de los sistemas agroforestales de las remesas y subsidios de gobierno; promover el respeto y seguridad a la propiedad y la tenencia de la tierra y por último el fortalecimiento de las organizaciones tradicionales.

En la mayor parte de las localidades se tiene conocimiento de la existencia de los programas oficiales como PROGRESA, PROCAMPO, PRODESA, proyectos del INI, Alianza para el Campo, alfabetización por parte del SEP-INEA, proyectos de salud por parte del IMSS, SEMARNAP, y demás, a los cuales las comunidades pueden acceder con proyectos de propuestas productivas, ambientales y sociales; dada la base social, pero a veces se encuentran limitadas en los recursos económicos, para gestionar proyectos de contrapartida. Por ende, se hace énfasis en la coincidencia de las propuestas con los recursos y apoyos federales.



**Figura 27.** Distribución de las zonas de usos agroforestal del municipio de Rosamorada, Nayarit, México.

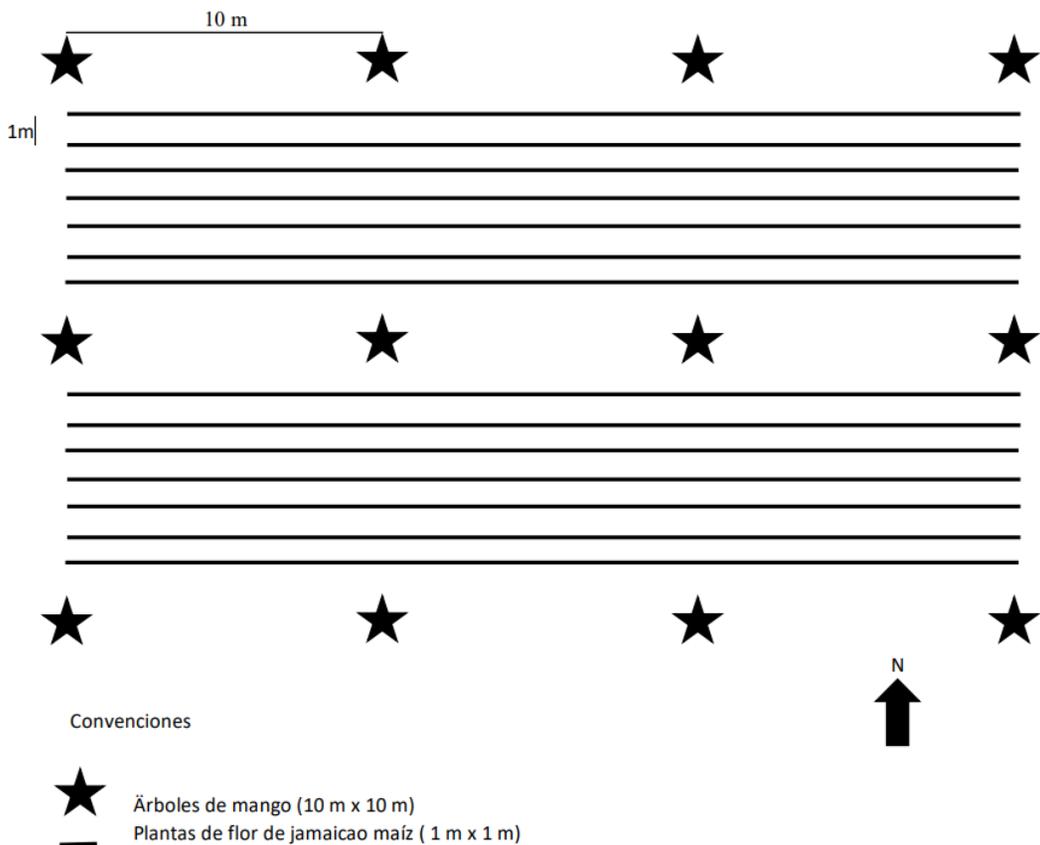
Al mejoramiento de las unidades productivas existentes debe ser un hecho prioritario, ya sea, con la aplicación de labores de manejo, como con el enriquecimiento de los sistemas productivos con especies multipropósito de alto valor; en éste ámbito, se debe retomar las especies propuestas por los agricultores (Tabla 23), estos componentes harían parte de los sistemas agroforestales sistemas

multiestratos, huertos caseros, árboles en potreros, bancos de proteína, cultivos en callejones, bancos energéticos, acuaforestería, cortinas rompevientos, barreras vivas, y bosquetes, los que a su vez cumplirán los objetivos iniciales, con arreglos de secuencia temporal o simultánea; finalmente el enfoque global de los sistemas agroforestales, se esquematiza en la Figura (27), en la que se describen los usos del suelo y las áreas de cada uso propuesto.

### 5.9.6 Diseño de sistemas tipo para cada una de las regiones

Para la zona se definieron arreglos de acuaforestería (manglar y especies marinas), sistemas silvopastoriles (árboles en pasturas, cercos vivos, bancos de proteína, bancos energéticos), sistemas silvoagrícolas (árboles en cultivos, sistemas multiestratos, cercas vivas, barreras rompevientos, cultivos en callejones, entre otros), huertos caseros y bosquetes.

Como ejemplo se diseña un sistema silvoagrícola de cultivo en callejones utilizando como especies el mango (10x10m) y la flor de Jamaica (1,0 x 1,0 m en rotación con maíz (1,2 x 0,50 m) y chile (1,2 x 0,4 m) (Figura 28).



**Figura 28.** Diseño de un sistema silvoagrícola en callejones (alley cropping) con mango en rotación de flor de Jamaica y maíz.

## 5.10 CONCLUSIONES

Los sistemas agroforestales se distribuyen en forma irregular en los diferentes Estratos identificados en el municipio; están estructuralmente formados por sistemas silvopastoriles y agrosilvícolas/silvoagrícolas, los cuales se basan en la naturaleza y presencia permanente y temporal de sus componentes, con funciones productivas y ambientales diversas.

Las asociaciones agroforestales encontradas difieren entre los Estratos, tanto el sistema acuaforestal ubicado en la zona baja (Estrato I), en el cual sus componentes están adaptados a condiciones de alta humedad y presencia de sales; como los sistemas encontrados en la parte media y alta, los que a su vez tienen algunas similitudes y diferencias en su dinámica, tamaño, número y tipo de componentes.

Los sistemas silvopastoriles y silvoagrícolas presentan tecnologías distribuidas en los diferentes gradientes fisiográficos, agrupados en seis (6) asociaciones: árboles en pastizales, árboles en cerros vivos, árboles en cultivos, árboles mezclados con arbustos, acuaforestería y huertos caseros.

los componentes de los sistemas silvopastoriles están conformados principalmente por siete (7) cruces de ganado bovino (cebú-pardo suizo, cebú-charolais, cebú-criollo; bramán-pardosuizo, cebúcora y cebú-holstein), 12 especies arbustivas forrajeras (guácimo, cacahuananche, guaje, dametadera, capomo, haba, palma de llano, guapinol, tepemesquite, guinol, huizache guanacastle), tres (3) especies de frutales (mango, guamuchil, cítricos), cinco (5) especies maderables (cedro, guanacastle, amapa, palma de llano, papelillo) y cinco (5) especies de pastos (llanero, estrella africana, guinea, jaragua), los cuales están mezcladas en forma deliberada, en las unidades productivas y en los diferentes Estratos.

Las variables de nivel de ingreso de los productores (\$ 69,725, \$ 39,923 y \$ 32,905 Estratos I, II y III), el tipo de sistema agroforestal, el manejo de los componentes y el grado de escolaridad (4,67; 3,19 y 3,13 años), presentaron diferencias entre los productores de la zona baja (Estrato I), los productores de las zona media y alta (Estratos II y III).

Se evidenció gran diversidad de especies maderables, frutales, agrícolas, pastos y animales domésticos adaptados a las condiciones ambientales, capaces de generar múltiples bienes y servicios para los pobladores del municipio de Rosamorada, condicionados por factores fisicobióticos, socioeconómicos y ambientales. Siendo las especies vegetales con mayor peso ecológico (VI), encontradas en los sistemas agroforestales son guanacastle, guamúchil, guácimo, guinol y mango, las que a su vez presentan mayor densidad, frecuencia y dominancia relativa en las zonas baja, media y alta.

Los problemas productivos más importantes son en su orden: la carencia de recursos económicos, déficit de agua en épocas de estiaje, baja productividad y bajo precio de los productos agrícolas.

En la zonificación agroforestal se proponen 25,339.8 ha de aptitud acuícola o acuaforestal, 5,46.8 ha específicamente acuaforestal, 53,783 ha para cobertura arbórea protectora productora, con zonas de protección absoluta, 6,838.9 ha para protección del manglar, 37,415 has para sistemas de silvopastoriles y agrisivícolas y 59,885 ha para tecnologías lineales y agrisilvícola, agricultura y ganadería con obras de conservación de suelos.

Se deben realizar investigaciones de 16 tecnologías agroforestales combinando 4 especies maderables, 11 especies de frutales, 14 especies de cultivos, 9 especies de pastos y 11 especies pecuarias, en los sistemas árboles en potreros, huertos familiares, árboles en cercos vivos, árboles en cultivos, además del enriquecimiento de acahuals y bancos de proteína.

## 6. | Propuesta para la caracterización de sistemas agroforestales

---

La Investigación en Sistemas de Producción agroforestal tiene por objetivo plantear el escenario viable para el desarrollo de los principales sistemas de producción agropecuarios con base Por facilidad y disposición de la información secundaria, se plantea inicialmente una identificación de los sistemas de producción, con el fin de poder seguir un proceso ordenado y documentado en la determinación de potencialidades y limitantes de cada uno de ellos y poder concluir en proyectos de investigación o de transferencia. Adicionalmente se identifican los diferentes sistemas en condiciones altimétricas del trópico (bajo, medio y alto). La referencia “trópico” implica la franja de la tierra situada entre los 23.5 grados norte y sur del Ecuador. Debido a la inclinación del eje terrestre, esa latitud constituye el límite de la migración aparente del sol al norte y sur del cenit. Dicha referencia es crucial debido a que los ecosistemas se diferencian en esencia por la altitud sobre el nivel del mar, lo cual no sucede en otras partes de la tierra.

La participación de los productores, madres de familia, jóvenes y niños es fundamental a lo largo del proceso, tanto en la fase de planificación como en las fases de ejecución y prediagnóstico. Ello garantizará la sostenibilidad de los PEMAF.

Los pasos propuestos son los siguientes:

- Planificación (Planteamiento del problema, preguntas, hipótesis, objetivos, actividades, tareas, resultados, entre otros)
- Reconocimiento de la zona
- Hacer un acercamiento con los líderes naturales, mujeres, jóvenes y las diferentes zonas de estudio. En esta etapa es importante hacer un recorrido rápido por la zona de estudio para determinar si hay variabilidad agroforestal o si la Agroforestería es una práctica recurrente.
- Concertación de las actividades
- Plantear los alcances del trabajo y hacer los ajustes respectivos para garantizar una participación amplia de las comunidades.
- Recolección de información secundaria

- Visitar instituciones que tengan información de la zona sobre aspectos físicos, bióticos, sociales, económicos y ambientales.
- Dimensión Socioeconómica
- Determinar las variables de interés que tengan que ver con la mano de obra, el empleo, los ingresos, los costos, entre otros
- Dimensión Biofísica
- Recolectar información sobre el tipo de suelos, vegetación, clima, cultivos, sistemas, entre otros
- Dimensión ambiental
- Aspectos concernientes a la calidad del agua, el aire, factores erosivos, manejo de residuos, sanidad, entre otros
- Definición de variables de interés
- Se debe precisar cada una de las variables a investigar, dependiendo del interés del investigador o el extensionista
- Método de muestreo (pre muestreo)
- Recurrir a uno de los tipos de muestreos existentes, dependiendo de la zona y la disponibilidad de recursos, en algunos casos hay que hacer un censo. Si no se tiene información de estudios anteriores, se debe hacer un pre-muestreo o utilizar la fórmula de muestro probabilístico
- Diseño de instrumentos (encuesta, entrevista, charlas informales, entre otros)
- Con las variables definidas y el tipo de población a intervenir se diseñan los instrumentos más adecuados para recolectar información primaria, recuerde que las encuestas semiestructuradas y estructuradas facilitan el análisis de la información.
- Identificación de problemas productivos
- En este acápite se debe recurrir a una de las herramientas de identificación y priorización de problemas descritos en el texto.
- Integración de Indicadores
- Utilizar la metodología propuesta por Masera *et al.* (2019)
- Recolección de información de los sistemas agroforestales
- Utilizar la técnica de los inventarios forestales u otra como los transectos o punto cuadrante ente otros
- Análisis de la información
- Aplicar el método estadístico apropiado para el análisis de la información que puede ser desde estadística descriptiva hasta los análisis multivariados.
- Inventario florístico de los sistemas productivos agroforestales
- Aplicar técnicas como el IVI
- Descripción estructural de los componentes
- Construcción de Danserogramas
- Descripción funcional de los componentes
- Descripción espacial utilizando SIG
- Definición y diseño de las propuestas agroforestales
- Elaboración del plan de establecimiento y manejo agroforestal

## 7. | Referentes bibliográficos

---

- Ahmed, N., Ward, J. D., Saint, C. P. (2014). Can integrated aquaculture-agriculture (IAA) produce “more crop per drop.” *Food Security*, 6, 767-779.
- Albarracín-Zaidiza, J. A., Fonseca-Carreño, N. E. y López-Vargas, L. H. (2019). Las prácticas agroecológicas como contribución a la sustentabilidad de los agroecosistemas. Caso provincia del Sumapaz. *Revista Ciencia y Agricultura*, 16(2), 39-55. <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n2.2019.9139>.
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A. y Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 869-890. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13593-015-0285-2.pdf>
- Altieri, M. A. (1992). *Biodiversidad, agroecología, y manejo de plagas*. Consorcio latinoamericano sobre agroecología y desarrollo.
- Améndola, R. (1998). *Notas del curso manejo de praderas*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Ander-Egg, E y Aguilar-Idañez, M. J. (2005). *Cómo elaborar un proyecto, Guía para diseñar proyectos sociales y culturales*. Editorial LUMEN/HVMANITAS.
- Andow, D.A. (1991). Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual review of entomology*, 35, 561-586.
- Atencio-García V. J, Eduardo K, Wadnipar L, Narváez A. (2003). Manejo de la primera alimentación del bocachico (*Prochilodus magdalenae*). *Revista MVZ Córdoba*. 8(1), 254-260.
- Austin, M. P. (1987). Models for analysis of species response to environmental gradients. *Vegetario. Plant Ecology*, 69(19), 35 – 47.
- Baggio, A. J. (1984). Resultados preliminares de un área experimental silvopastoral en el sur de Paraná, Brasil. En J. Beer, y E. Somarriba, (Eds.). *Investigación de técnicas agroforestales tradicionales* (pp. 28-33), CATIE-ONU.
- Ballesteros, W. (2002). *La Agroforestería como alternativa para el desarrollo sostenible en Rosamorada, Nayarit, México* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Chapingo].

- Barroso, F., Pedreño, A., Martínez, T., Robles, A. y González, J. (2013). Potencialidad de las especies C4 como alimento para el ganado en repoblaciones de zonas semiáridas. *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural, I*, 347-353. <http://digital.csic.es/bitstream/10261/10137/1/39.pdf>
- Batish, D. R., Kohli, R. K., Jose, S., y Singh, H. P. (Eds.). (2007). *Ecological Basis of Agroforestry* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420043365>
- Beer, J. y Somarriba, E. (1984). *Investigación de técnicas agroforestales. Actas del curso efectuado en Tabasco, Campeche y Quintana Roo*.
- Berkes, F. y Folke, C. (1998). *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press
- Betancourt, D. F. (2016). *Matriz de vester para la priorización de problemas*. [www.ingenioempresa.com/matriz-de-vester](http://www.ingenioempresa.com/matriz-de-vester).
- Blanco-Ariza, A. B., Vásquez-García, Á. W., García-Jiménez, R., y Melamedvarela, E. (2020). Estructura organizacional como determinante competitivo en pequeñas y medianas empresas del sector alimentos. *Revista de Ciencias Sociales*, XXVI(2), 133-147. <https://dx.doi.org/10.31876/rcs.v26i2.32429>
- Bober, K. y Suárez, J. (2020). Contribución del enfoque de la agroecología en el funcionamiento y estructura de los agroecosistemas integrados. *Revista Pastos y Forrajes*, 43(2), 102-111.
- Bonham, C. D. (1989). *Measurements for terrestrial vegetation*. Wiley-Interscience.
- Borel, R. (2000). Diseño y manejo de los sistemas silvopastoriles. *Agroforestería para el Ecodesarrollo*, 2, 442-458
- Bracagioli, A. (2014). Métodos participativos na extensão rural: processos e práticas. En M. A. Conterato, G. F. W. Radomsky y S. Schneider. (Col.), *Pesquisa em Desenvolvimento Rural: aportes teóricos e proposições metodológicas* (pp. 281-296). Editora UFRGS.
- Budowsky, G. (1980). *Compilación de las ventajas y desventajas de los sistemas agroforestales en comparación con los monocultivos*. CATIE.
- Budowski, G. (1985). *Cuantificación de las prácticas agroforestales tradicionales y de las parcelas de investigación controladas en Costa Rica*. CATIE.
- Budowski, G. (1986). El lugar de la Agroforestería en el manejo de los bosques naturales. OTSICATIE.
- Bueno, G. A. (1998). *Estrategias para la implementación de modelos silvopastoriles en la altillanura colombiana* (Boletín técnico NO. 8), Corpoica.
- Caicedo, J. C., Puyol, J. L., López, M. C., y Ibáñez, S. S. (2020). Adaptabilidad en el sistema de producción agrícola: Una mirada desde los productos alternativos sostenibles. *Revista de Ciencias Sociales*, XXVI (4), 308-327.
- Calvo, M. (2019). Pensamiento complejo y transdisciplina. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (26), 307-326. <https://doi.org/10.17163/soph.n26.2019.09>
- Cano Salgado, M.P. (1999). *Silvoacuacultura para el trópico húmedo: alimentación de tilapia con tres leguminosas arbóreas en Ixtacuaco*.
- Casanova, F., Ramírez, L., y Solorio, F. (2007). Interacciones radicales en sistemas agroforestales: mecanismos y opciones de manejo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 11(3), 41-52.

- Castillo Marquez, L. E. (2009). *Elementos de muestreo de poblaciones* (Tercera edición.). Universidad Autónoma Chapingo.
- CATIE/OTS. (1986). Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones. USAID/&T/FENR.
- Cevallos, M., Urdaneta, F. y Jaimes, E. (2018). Desarrollo de sistemas de producción agroecológica: dimensiones e indicadores para su estudio. *Revista de Ciencias Sociales*, XXV(3), 172-185. (No esta citada)
- Challenger, A. (1988). *Utilización y conservación de los ecosistemas de México: Pasado, presente y futuro*. UNAM.
- Chayer, R., Pasqualini, C. (2009). Condición corporal: una interesante herramienta para monitorear el programa nutricional de rodeos de cría. *Sitio argentino de producción animal*. 1-21.
- Clark, G. J. (1995). Economic development vs Sustainable societies: reflections on the players in a cricial context. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26, 48-225
- Clarke, A. (1994). Samphire: From sea to the shining seed. *Aramco World*, 45(6): 1-9.
- Combe, J. y Bodowsky, G. (1979). Clasificación de las técnicas agroforestales. En G. Salas y C. Turrialba, (Eds.). *Taller de sistemas agroforestales en América Latina* (pp. 17-48). CATIE.
- Consejo Nacional de Población – CONAPO. (2002). Índices de marginación 2000. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/indice-de-marginacion-carencias-poblacionales-por-localidad-municipio-y-entidad>
- Contreras A., Lafraya, S., Lobillo, J., Soto, P. y Carles R. (1998). *Los métodos del diagnóstico rural rápido y participativo*. [http://pdf2.hegoa.efaber.net/entry/content/926/Los\\_m\\_todos\\_del\\_diagn\\_stico\\_rural\\_r\\_pido\\_y\\_participativo.pdf](http://pdf2.hegoa.efaber.net/entry/content/926/Los_m_todos_del_diagn_stico_rural_r_pido_y_participativo.pdf)
- Contreras H, Canchila E. (2012). Evaluación del rendimiento técnico en Cachama Blanca *Piaractus brachypomus* al sustituir Morera *Morus alba* y Falso Girasol *Tithonia diversifolia* en el alimento balanceado de ceba. *Revista Citecsa*, 2, 1-12.
- Correa, C. A. (2006). Administración estratégica: conceptos, casos y aplicaciones. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.
- Correa Leal, A. M., & Correa Assmus, G. (2008). Adaptación del modelo de planeación dofa para la administración sostenible de parques nacionales. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (62), 55-71.
- Conway, G. R. (1985). Agroecosystem analysis. *Agricultural Administration*, 20(1), 31-55.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (1996). *Estado actual del enfoque de sistemas de producción y su aplicación en Corpoica*. CORPOICA
- Corporación Colombiana de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). (2004). *Metodología general para la caracterización y evaluación de sistemas agroforestales en el área de influencia del programa Colombia Forestal*. CONIF.
- Cruz-Velásquez Y, Kijora C, Vergara-Hernández W, Carsten Schulz. (2014). On-farm evaluation of Cachama blanca and Nile tilapia fed fermented aquatic plants in a polyculture. *Orinoquia suplemento*, 18(2), 269-277.
- Cuadras, C. M. (2014). *Nuevos métodos de análisis multivariante*. CMCEditions,
- Curtis, J. y McIntosh, R. (1951). An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32, 476-496.
- Dago, Y. (2019). Acciones para el manejo de especies bovinas con técnicas agroforestales en la unidad de producción “El Vaquerito”. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(2), 162-170.

- Dallas E, J. 2000. *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. Thompson.
- Dansereau, P. (1957). *Plant sociology: The study of plant communities*. New York: Ronald Press.
- De la Peña, G. y Velázquez, R. M. (2018). Algunas reflexiones sobre la teoría general de sistemas y el enfoque sistémico en las investigaciones científicas. *Revista Cubana de Educación Superior*, 37(2), 31-44. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0257-43142018000200003&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142018000200003&lng=es&tlng=es).
- Dufumier, M. (1990). Importancia de la tipología de unidades de producción agrícola en el análisis de diagnóstico de realidades agrarias. En G. Escobar y J. Berdegue. (Eds.), *Tipificación de sistemas de producción*. (pp. 63-81). Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción.
- Edwards, P. (2015). Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. *Aquaculture*. 447, 2-14. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.02.001>.
- Escobar, G. y Berdegue, J. (1990). Conceptos y metodología para la tipificación de sistemas de finca: La experiencia de RIMISP. En G. Escobar y J. Berdegue. (Eds.), *Tipificación de sistemas de producción agrícola* (pp. 13-43). Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción.
- Fagua, C. (2003). *Una evaluación preliminar sobre la actividad de inventarios biológicos en Colombia mediante la utilización de indicadores de recursos y producto*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt., Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. (2007). Plan Estratégico Institucional del IGAC 2007-2010. Bogotá, Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC (2017). Sistema de información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial (SIGOT). Colombia.
- ICRAF. (1983). *Resources for Agroforestry Diagnosis and Design*. Working Paper No. 7. ICRAF.
- FAO. (1976). *Forests for Research and Development*. FAO.
- FAO. (2001). El estado de la agricultura y la alimentación en el mundo 2001. Roma, Italia.
- FAO. (2004). *Agro-Acuicultura Integrada. Manual Básico*. Instituto Internacional para la Reconstrucción Rural. <http://www.fao.org/3/y1187s/y1187s00.htm>.
- FAO. (2022). *Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible (GFS): Agroforestería*. <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/agroforestry/basic-knowledge/es/>
- Fassbender, H. W. (1993). *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales* (Segunda edición). CATIE/GTZ.
- Fernandez, E., Nair, R. P. K. (1986). An evaluation of the structure and functions of tropical homegardens. *Agricultural systems*, 2(14), 279-310.
- Finol, W., Hernández, O. y Ocando, M. (2019). Consideraciones epistemológicas del saber ambiental. *Revista de Ciencias Sociales*, XXV (2), 204-216.
- Flores-Verdugo, F. J., C. M. Agraz-Hernández, D. y Benítez-Pardo. (2007). Ecosistemas acuáticos costeros: importancia, retos y prioridades para su conservación. En: O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez-Huitzil y L. Zambrano (Eds). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (PP. 147-166). Instituto Nacional de Ecología.

- Foster, A. y Rosenzweig, M. (1995). Aprender haciendo y aprender de los demás: capital humano y cambio técnico en la agricultura. *Revista de Economía Política*, 103(6), 1176 -2009
- García I. y Ramírez L. M. (2014). ¿Cómo evaluar el establecimiento de arreglos silvo-pastoriles mediante un análisis DOFA en una tipología de fincas ganaderas? *Revista Agroforestería Neotropical*. (4), 69-78
- García A. H. (2000). *Rosamorada una propuesta de desarrollo*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Chapingo].
- García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Gedisa.
- Gastal, E. (1980). *Enfoque de sistemas na programacao da pesquisa agropecuária*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Gastó, J. (1979). *Ecología: el hombre y la transformación de la naturaleza*. Universitaria Santiago de Chile.
- Gentry, A. H. (1995). Diversidad y Composición Florística del Bosque Seco Neotropical. En S. Bullock, H. Mooney, y E. Medina. (Eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests* (pp. 146-194). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511753398.007>
- Gliessman, S. R. (2015). *Agroecology: a global movement for food security and sovereignty*. FAO
- Goodland, R. (1995). The concept of environmental sustainability. *Annual Review of Ecology and Systematics*. (26), 1-24.
- Gosz, R. J. (1992). Gradient analysis of ecological change in time and space: implications for forest management. *Ecological applications*, 2(3), 248- 261.
- Granados Sánchez, D., López-Ríos, G. F y Osorio, C. (1999). El solar de la zona maya de Quintana Roo, México, *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 5(2), 169-187.
- Granados Sánchez, D. y Tapia, V. R. (1990). *Comunidades vegetales*. Serie Agronomía.
- Hart, R. (1985). *Agroecosistemas: Conceptos Básicos*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Hart, R. (1979). Marco conceptual para la investigación con sistemas agrícolas. CATIE.
- Hart, R. (1990). Componentes, subsistemas y propiedades del sistema finca como base para un método de clasificación. En G. Escobar y J. Berdegue. (Eds.), *Tipificación de sistemas de producción agrícola* (pp. 45-62). Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción.
- Harwood, R. R. (1979). *Small farm development understanding and improving farming systems in the humid tropics*. Wwstview Press.
- Herrera-Castro, N., Gómez-Pompa, A., Cruz-Cury, L y Flores, J.S. (1993). Los huertos familiares mayas en X-iulub, Yucatán, México: aspectos generalñes y estudio comparativo entre la flora de los huertos familiares y la selva. *Revista Biótica*, 1, 19-36.
- Hoogerbrugge, I. D., y Fresco, L. O. (1993). *Homegarden system: Agricultural characteristics and challenges*. IIED. Gatekeeper series.
- House, P. y Ochoa, L. (1993). La diversidad de especies útiles en diez huertos en la aldea de Camalote, Honduras. En R. Lok, (Ed.). *Huertos caseros tradicionales de américa Central* (pp. 61-84). CATIE.

- INE. (2000). El desarrollo turístico en las zonas costeras de México: impactos ambientales y propuestas de manejo. México.
- INEGI. (2000). *Estadísticas del medio ambiente*. Instituto Nacional de ecología, Passim.
- INEGI. (1995). *Estadísticas del medio ambiente*. Instituto Nacional de estadística, geografía e informática.
- INEGI. (2022). Censo de Población y Vivienda 2022. México.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC. (2017). *Sistema de información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial*. SIGOT. [http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/frames\\_pagina.aspx](http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/frames_pagina.aspx). Consultado enero 29 2017.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y Departamento Administrativo Nacional De Estadística (DANE). (2009). *Diseño en el marco conceptual y metodológico del inventario Forestal Nacional*. IDEAM-DANE.
- Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). *Manual de transición agroecológica para la agricultura familiar campesina* (Serie No.12). Unidad de Sustentabilidad Ambiental INDAP.
- International Council for Research in Agroforestry (ICRAF). (1983) *Guidelines for Agroforestry Diagnosis and Design* (Working Paper No. 6), ICRAF.
- International Council for Research in Agroforestry (ICRAF). (1994) *Resources for Agroforestry Diagnosis and Design* (Working Paper No. 7), ICRAF. <http://apps.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/WP11311.pdf>
- Jacobs, J. A. y Frickel, S. (2009) Interdisciplinary: a critical assessment. *Annual Review of Sociology*, 35(1), 43–65
- Jiménez, J. G., Mantilla, L. M. y Barrera, J. A. (2019). *Enfoque Agroambiental: Una mirada distinta a las intervenciones productivas en la Amazonia*. Caquetá y Guaviare. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.
- Jiménez López, J. (1972). *Instructivo para la determinación del clima de acuerdo con el segundo sistema de Thornthwaite*. Dirección general de Estudios, Dirección de Agrología.
- Jiménez Merino, A. (2001). *Conservación de forraje para la alimentación de ganado* (No. 6), Universidad autónoma Chapingo.
- Johansen, O. (1996). *Introducción a la teoría general de sistemas*. Editorial Limusa.
- Krishnamurthy, L. y Ávila, M. (1999). *Agroforestería básica. Programa de las naciones Unidas paa el medio ambiente (PNUMA)*, Oficina regional para América Latina y el Caribe.
- Kumar B. M. y Nair P. K. R. (2004). The enigma of tropical homegardens. *Agroforest Syst* 61, 135-152
- Lacerda, L., Conde, C., Alarcón, R., Alvarez-León, B. L., D'Crz, B., Kjerfve, J. y M. Vannucci. (1993). *Ecosistemas de manglar en América Latina y el Caribe. Proyecto PD114/90(F)*.
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas. Posibilidades para un aprovechamiento sostenido*. GTZ. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.
- La Torre, E. (1996). *La teoría general de sistemas*. Editorial Universidad del Valle.

- Leff, E. (2011). *Sustentabilidad y racionalidad ambiental: hacia "otro" programa de sociología ambiental*. Revista Mexicana de Sociología 73, núm. 1 (enero-marzo, 2011): 5-46.
- Leonel, H. F. (2011). *Gestión participativa de cuencas hidrográficas: el caso de la cuenca del río Valles, oriente de México*. [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de San Luis Potosí].
- Leonel, H. F. y Luna, G. C. (2016). *Herramientas didácticas para la formación agroforestal* (Volumen 5). Editorial Universidad de Nariño.
- Lim, C y Dominy W. G. (1998). *Substitución de harina comercial de soya por soya integral en dietas para camarón (Penaeus vannamei)* [Memorias]. Primer simposio internacional de nutrición y tecnología de alimentos para acuicultura. Nuevo León, México.
- Lohr, L. S. (2000). *Muestreo diseño y análisis*. International Thomson Editores
- Lok, R. (1998). *Huertos caseros tradicionales de América Central: Características, beneficios, e importancia, desde un enfoque multidisciplinario*. CATIE/AGUILA/IDRC/ETC.
- Mahecha, L., Durán, C. V. y Rosales, M. (2000). Análisis de la relación planta-animal desde el punto de vista nutricional en un sistema silvopastoril de *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca. *Acta Agronómica*, 50(1), 59-70
- Maldonado, C. E. (2015). *Introducción al pensamiento científico de punta, hoy*. Ediciones desde Abajo.
- Margalef, R. (1977). *Ecología* (2da edición). Omega.
- Martínez Palacios, C. A., Chávez Sánchez, M. C., Olvera Novoa, M. A., y Abdo de la Parra, M. I. (2019). *Fuentes alternativas de proteínas vegetales como substitutos de la harina de pescado para la alimentación en acuicultura*. Avances en Nutrición Acuícola. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/333>
- Masera O, Astier, M. y López-Ridaura, S. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El marco de evaluación MESMIS*. Mundi-Prensa.
- Masera, O., Astier, M., y López-Ridaura, S. (2000). *Sustentabilidad y sistemas campesinos: cinco experiencias de evaluación en el México rural*. Mundi Prensa.
- Masera, O. R., Dirzo, R., & López-Ridaura, S. (2019). Indicators for the assessment of sustainability of land-based systems. *Ecological Indicators*, 103, 71-81. doi: 10.1016/j.ecolind.2019.02.012
- Mateucci, S. y Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la investigación*. Organization of American States.
- Miranda, D., Rivera, M. C., Moreno, E. y Gómez, P. L. (1989). La finca como sistema de producción. *Instituto Colombiano Agropecuario*, (1), 1-35.
- Monrroy, R y Salazar, M. E. (1993). Análisis del uso múltiple espacio-temporal de los ecosistemas morelenses del Valle [Memorias] . XII congreso Mexicano de Botánica. Mérida, Yucatán.
- Montagnini, F. (1992). *Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos* (4ta. edición). Organización para Estudios Tropicales.
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR).

- Murray FJ, Little DC. 2000. *The nature of small-scale farmer managed irrigation systems in north west province, Sri Lanka and potential for aquaculture*. <https://core.ac.uk/download/pdf/11018604.pdf>
- Nair, K. P. (1993). State-of-the-art of agroforestry systems. *Forest Ecology and Management*, 45(1-4), 5-29.
- Nair, P. K. R. (1985). Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 3, 97-128.
- Nair, P. K. R. (1996). *Agroforestería*, Universidad Autónoma Chapingo.
- Navia, J. (2000). *Agroforestería*. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal.
- Navia, J. (2011). *La Investigación en Sistemas de Producción*. Agroforestería. <https://agroforesteria.wordpress.com/2011/03/15/la-investigacion-en-sistemas-de-produccion/>
- Navia, J., Restrepo, J., Villada, D. y Ojeda, P. (2003). *Agroforestería: opción tecnológica para el manejo de suelos en ladera*. Fundación para la Investigación y desarrollo Agrícola - FIDAR
- Norman, D. (1980). Twelve issues for Cognitive Science. *Cognitive Science*, 4, 1-32.
- Okamura, K. (2019) Interdisciplinarity revisited: evidence for research impact and dynamism. *Palgrave Commun*, 5(141), 1-9. <https://doi.org/10.1057/s41599-019-0352-4>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO (1976). Estructura para la evaluación de Tierras. Roma -Italia.
- Ortiz Pinilla, J. O., y Ortiz Rico, A. F. (2021). ¿Pearson y Spearman, coeficientes intercambiables? *Comunicaciones en Estadística*, 14(1), 53-63.
- Pardo, Y., Muñoz, J. y Velázquez, J. E. (2020). Tipificación de sistemas agropecuarios en el piedemonte amazónico colombiano. *Revista Espacios*, 41(47), 213-228.
- Parra, M. (1991). *El Agroecosistema: un concepto básico para entender el cambio tecnológico* [Memorias]. Primer simposio nacional sobre Agricultura Sostenible: una opción para el desarrollo sin deterioro ambiental. Universidad Autónoma Chapingo.
- Pearson, K. (1895), 'Notes on regression and inheritance in the case of two parents'. *Proceedings of the Royal Society of London* 58, 240-242.
- Pedroza, A., Caraballo, P. y Aranguren, N. (2016). Estructura trófica de los invertebrados acuáticos asociados a Egeria densa (Planch. 1849) en el lago de Tota (Boyacá-Colombia). *Intropica*, 11, 21-34.
- Presidencia Municipal y Conapo. (2002). Plan de Desarrollo Municipal 2002-2005. México.
- Ponce, T. H. (2007). La matriz foda: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. Enseñanza e investigación en psicología. 12(1), 113-130
- Price, N. W. (1989). *The tropical mixed garden in Costa Rica*. [Tesis de doctorado, University of British Columbia].
- Procuraduría Agraria (2000). *Gobierno del Estado y Procuraduría Agraria darán certeza jurídica en la tenencia de la tierra a quintanarroenses*. <https://www.gob.mx/pa>
- Raintree, B. J. (1987). The state of the art of agroforestry diagnosis and design. *Agroforestry Systems*, 5(3), 219-250

- Raintree, B. J. (2000). *D&D user manual. An introduction to agroforestry Diagnosis and Design*. ICRAF.
- Real Academia Española. (2020). *Caracterización*. Diccionario de la lengua española. <https://dle.rae.es/caracterizaci%C3%B3n>
- Ribask, J. y Montoya, L. J. (2000). *Sistemas silvopatois desdenvolvidos na reguai sul do Brasil: a experincia de Embrapa Florestas*. Juiz Flora Embrapa Grado de Leite.
- Roco, M. C., Baibbridge, W., Tonn, B. y Whitedes, G. (2013). *Convergence of knowledge, technology and society: beyond convergence of nano-bio-info-cognitive technologies*. Springer Publishing Company.
- Rodríguez, R. (2017). Complejidad, interdisciplina y política en la teoría de los sistemas complejos, de Rolando García. *Civilizar Ciencias Sociales y Humanas*, 17(33), 221-242. <http://dx.doi.org/10.22518/16578953.910>.
- Ruano, S. (1989). *El Sondeo: Actualización de su metodología para caracterizar sistemas agropecuarios de producción*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Ruíz, M. E. (1992). El enfoque de Sistemas en la Investigación Pecuaria y su metodología en América Latina. IICA
- Sagaró del Campo, N. M. y Zamora Matamoros, L. (2020). Técnicas estadísticas multivariadas para el estudio de la causalidad en Medicina. *Revista Ciencias Médicas*. 287-300. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-31942020000200287&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-31942020000200287&lng=es). Epub 01-Mar-2020.
- Salcedo Carrascal, É., Gómez Ayala, W. R., Arreaza, L.C. y Rivero Espitia, T. (2014). *Cultivos Forrajeros para Conservación y Alimentación Bovina en el Sur del Departamento del Atlántico*. Corpoica.
- Salles, I. (2019). *Tratamento de esgoto na zona rural: diagnóstico participativo e aplicação de tecnologias alternativas*. [Tesis doctoral, Universidade Estadual de Campinas]. <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2020/09/nh.pdf>
- Sanchez F, V. (2001). *Propuesta de manejo agroforestal sustentable para la zona alta de Mezquital, México*. [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma Chapingo (UACH)].
- Sanchez Páez, H., Ulloa Delgado, G y Álvarez León, R. (2000). *Hacia la recuperación de los manglares del caribe de Colombia*. Minambiente.
- Sans, F. (2007). La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas*, 16(1), 44-49.
- Santoyo, H., Ramírez, P y Suvedi, M. (2000). *Manual para la evaluación de programas de desarrollo rural*. Michigan State University, UACH, CIESTAM.
- Saravia, A. (1985) *Un Enfoque de Sistemas para el Desarrollo Agrícola*. IICA.
- SARH. (1999). Programa de Manejo Forestal y Conservación de Suelos y Aguas en Zonas de Producción Agropecuaria (PROMAC). México.
- Secretaría del medio ambiente y recursos naturales-SEMARNAT. (2000). *Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental*. [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores13\\_cd/conjuntob/00\\_conjunto/marco\\_conceptual3.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores13_cd/conjuntob/00_conjunto/marco_conceptual3.html)
- Sharma, B. K., Das, M. K. y Chakraborty, D. P. (1985). Package of practices for increasing production in fish-cum-livestock farming system. *Aquacult. Extensión manual*, (5), 1-32.

- Sharma, V., Kohli, S. y Brahmachari, V. (2017). Correlación entre la respuesta al estrés por desecación y las modificaciones epigenéticas de los genes en *Drosophila melanogaster*: un ejemplo de interacción entre el medio ambiente y el epigenoma. *Bioquímica Biografía*, 1860(10), 1058-1068.
- Somarriba, E. (2009). *Planificación agroforestal de fincas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Soto, P. L. M. (2000). Estudio agroecológico del café con sombra en comunidades indígenas de Chiapas, México. [Tesis Doctoral, UNAM].
- Tacon, J. A. (1990). *Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp*. Argent laboratories Press.
- Tacon, J. A. (1994). *Feed ingredients for carnivorous fish species alternatives to fish meal and other fishery resources*. FAO.
- Terrazas Prieto, J. G. (1993). *Guías para el establecimiento de pasto llanero en Nayarit, México*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) e Instituto Nacional de Investigaciones Forstales (INIFAP).
- Torres, B., Aguirre, P., Jadán, O. y Hinojosa, L. (2015). The Contribution of Traditional Agroforestry to Climate Change Adaptation in the Ecuadorian Amazon: The Chakra System. En W. Leal Filho. (Ed.), *Handbook of Climate Change Adaptation* (pp.1973-1994). Springer. [https://www.researchgate.net/publication/270212436\\_The\\_Contribution\\_of\\_Traditional\\_Agroforestry\\_to\\_Climate\\_Change\\_Adaptation\\_in\\_the\\_Ecuadorian\\_Amazon\\_The\\_Chakra\\_System](https://www.researchgate.net/publication/270212436_The_Contribution_of_Traditional_Agroforestry_to_Climate_Change_Adaptation_in_the_Ecuadorian_Amazon_The_Chakra_System).
- Torquebiau, E. F. (2000). A renewed perspective on agroforestry concepts and classification. *LifeSciences*, 323, 1009-1017
- Torquebiau, E. (1992). Are tropical agroforestry homegardens sustainable? *Agric Ecosyst Environ*, 41, 189-207
- UNEP. (1995). *Segunda mesa redonda PNUMA sobre banca y Medio Ambiente: Invirtiendo en el Medio Ambiente*. <https://www.unepfi.org/1995/10/>
- Valdez Hernandez, J. I. (1991). *Estructura fisonómica del bosque de manglar de la laguna de Agua Brava*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Chapingo]
- Vargas, R. L. y Rodríguez, S. R. (2020). Typification of rural space through multivariate methods: Exercise in the rural area of Málaga. *Cuadernos Geográficos*, 59(1), 247-278.
- Velázquez, J. A. y Perezgrovas, R. (2017). Caracterización de sistemas productivos de ganado bovino en la región indígena XIV Tulijá-Tseltal-Chol, Chiapas, México. *Agrociencia*, 51(3), 285-297.
- Venegas, R. y Siau, G. (1994). Conceptos, principios y fundamentos para el diseño de sistemas sustentables de producción. Agroecología y Desarrollo. *Revista CLADES*, (7), 15-28. <http://www.clades.org/r7-art3.htm>
- Venegas, J., & Siau, M. (2001). *Sistemas agroforestales: conceptos y fundamentos*. México.
- Verdejo, M. E. (2006). *Diagnóstico rural participativo: guía práctico DRP*. Secretaria da Agricultura Familiar.
- Villarreal H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña. A. M. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios*

- de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad* (Segunda edición). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Wefering, F.M., Leon E, D., White, N.M. (2000). Using the AMOEBA approach to measure progress toward ecosystem sustainability within a shellfish restoration project in North Carolina, *Ecological Modelling*, 130(1-3), 157-166, [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00205-2](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00205-2).
- Wood P. J. y Burley J. (1991). *A tree for all reasons: the introduction and evaluation of multipurpose trees for agroforestry*. Consejo Internacional para la Investigación en Agroforestería - ICRAF.
- Yensen, S. B. y Weber C. W. (1987). Protein quality of *Distichlis palmeri* for production nutritional values. In: arid Lands: Today and tomorrow. Proc. Of an intl. Res and Dev. Conference. Tucso, Arizona, Oct. 20-25, 1985. (Eds. Whitehead, C. Hutchinson, B. Timmerman, and R. Varady). Westylw Press Boulder. Pp. 809-822
- Yensen, S. B. y Weber C. W. (1987). Protein quality of *Distichlis palmeri* for production nutritional values. En C. Whitehead, B. Hutchinson, y R. Varady, (Eds.). *Arid Lands: Today and tomorrow*. (pp. 809-822). Westylw Press Boulder.
- Yensen, S.B and Weber C.W. (1988). A review of *Distichlis palmeri* grain, a saltgrass. *Nutrition Reports International*. 35(5), 963-972
- Young, A. (1989) *Agroforestry for soil conservation: science and practice*. Consejo Internacional para la Investigación en Agroforestería - ICRAF.
- Young, A. (1997). *Agroforestry foifr soil management*. CAB International-ICRAF.











6.11. ¿Los ingresos que obtiene de su propiedad son suficientes para satisfacer sus necesidades? \_\_\_\_\_

De gastos de la casa y de la familia \_\_\_\_\_ =1

De los costos de producción \_\_\_\_\_ =2

Ambos \_\_\_\_\_ =3

6.12. ¿Ha obtenido créditos? si  No  Numero de créditos \_\_\_\_\_

Valor total \_\_\_\_\_

¿Cuándo hizo el ultimo crédito? \_\_\_\_\_ ¿Los ha pagado? Si  No

Si la respuesta es NO indique las razones \_\_\_\_\_

¿Si tiene la posibilidad de un nuevo financiamiento lo aceptaría? Si  No  Por qué?

6.13. Asistencia Técnica

¿Recibe asistencia técnica regularmente? Si  No . Cada cuanto \_\_\_\_\_

¿Qué entidades brindan la asistencia técnica? \_\_\_\_\_

¿Cuál ha sido el impacto de la asistencia técnica en la productividad de su finca? Bueno  Regular  Malo , NS/NR .

Si la respuesta es positiva en cuánto (%)? \_\_\_\_\_

¿Conoce usted cómo se maneja técnicamente el cacao? Si  No .

¿Si la respuesta es positiva porque no ha incrementado su productividad? \_\_\_\_\_

6.14 Asociatividad

¿Conoce algunas asociaciones de productores en la zona? ¿Si  No  Cuales? \_\_\_\_\_

¿Pertenece a alguna asociación de productores? Si  No . ¿ACuál? \_\_\_\_\_

¿Porque? \_\_\_\_\_

6.15. Comercialización de productos agrícolas

¿Dónde comercializa los productos de la finca? En la vereda  en el municipio  fuera del municipio  donde? \_\_\_\_\_

¿A quién le vende sus productos?

Cacao \_\_\_\_\_

Madera \_\_\_\_\_

Frutas \_\_\_\_\_

Ganado \_\_\_\_\_

Otros \_\_\_\_\_

¿Qué tipo de transporte utiliza? \_\_\_\_\_

¿Realiza algún tipo de selección de productos? ¿Si  No  Cuales? \_\_\_\_\_

¿Realiza algún tipo de almacenamiento? ¿Si  No  Donde? \_\_\_\_\_

**VII. PROPUESTAS AGROFORESTALES**

7.1 Que sugerencias haría para mejorar sus sistemas de producción?

7.2 Que especies preferiría para establecer arreglos agroforestales en su finca?

Tipos de cacao \_\_\_\_\_

Tipos de plátano \_\_\_\_\_

Árboles maderables: \_\_\_\_\_

Árboles frutales: \_\_\_\_\_

Árboles forrajeros: \_\_\_\_\_

Otras Especies agrícolas promisorias \_\_\_\_\_

Especies pecuarias: \_\_\_\_\_

Especies de pastos: \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Nombre del encuestador \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

Hora de finalización \_\_\_\_\_

VoBno. Supervisor \_\_\_\_\_

CARACTER	TIPO	SIMBOLO	TIPO	SIMBOLO
BIOTIPO	Árboles (T)		Arbustos (F)	
	Herbáceas (H)		Brioides (M)	
	Herbáceas (H)		Lianas (L)	
TAMAÑO	Alto (T)	Árboles: > 25 m. ; Arbustos: 2-5 m. ; Herbáceas: > 2 m.		
	Medio (M)	Árboles: 10-25 m. ; Arbustos: 0,5-2 m. ; Herbáceas: > 0,5-2 m.		
	Bajo (L)	Árboles: 8-10 m. ; Arbustos: < 0,5 m. ; Herbáceas: < 0,5 m.		
CUBIERTA	Muy escasa (b)		En grupos (p)	
	Discontinua (i)		Continúa (c)	
FUNCIONALISMO DE LAS HOJAS	Caducifolios (d)		Marcescentes (s)	
	Perennifolios (d)		Sin hojas (j)	
TAMAÑO Y FORMA DE LAS HOJAS	Acícula (n)		Graminoide (g)	
	Mediana o corta (a)		Ancha o grande (h)	
	Hoja compuesta (v)		Sin hojas (q)	
TEXTURA DE LAS HOJAS	En película (f)		Membranosa (z)	
	Esclerófila (x)		Suculenta (k)	

Símbolos y diagramas propuestos por Dansereau (1957) para la interpretación de los Danserogramas.

# Lista de figuras

---

Figura 1. Plano cartesiano para la ubicación de problemas según su importancia...	44
Figura 2. Plano cartesiano para la calificación de problemas según su importancia	45
Figura 3. Esquema de la aplicación de la metodología del punto centro cuadrado...	64
Figura 4. Ejemplo ilustrativo de muestreo de puntos de intercepción en línea ...	65
Figura 5. Redegramas de los atributos y criterios para la evaluación de la estructura de un agroecosistema.....	69
Figura 6. Dendrograma mostrando la formación de tres clústeres de acuerdo con el objetivo de investigación.....	75
Figura 7. Cuadro sinóptico aproximado de las diferentes técnicas multivariantes ...	76
Figura 8. Localización del municipio de Rosamorada, Nayarit .....	78
Figura 9. Climograma del municipio de Rosamorada, Nayarit.....	80
Figura 10. Estratificación del municipio de Rosamorada, Nayarit, México .....	90
Figura 11. Dendrograma de la agrupación de los agricultores en el Estrato I del municipio de Rosamorada, Nayarit, México. ....	90
Figura 12. Dendrograma de la agrupación de los agricultores en el Estrato II del municipio de Rosamorada, Nayarit, México. ....	91
Figura 13. Dendrograma de la agrupación de los agricultores en el Estrato III del municipio de Rosamorada, Nayarit, México. ....	91
Figura 14. Interacciones de las variables significativas (>0,75) de sistemas agroforestales en el municipio de Rosamorada, Nayarit, México .....	97
Figura 15. Perfil semirrealista y danserograma de un sistema silvopastoril de árboles en pastizales, en el municipio de Rosamorada; Nayarit, México. ....	107
Figura 16. Perfil semirrealista y danserograma de un sistema silvopastoril-acuaforestería de árboles de mangle y fauna marina (camarones), en el municipio de Rosamorada; Nayarit, México.....	108
Figura 17. Perfil semirrealista y danserograma de un sistema silvopastoril de árboles en cercas vivas, en el municipio de Rosamorada; Nayarit, México...	110
Figura 18. Perfil semirrealista y danserograma de un sistema silvoagrícola de árboles en cultivos agrícolas, en el municipio de Rosamorada; Nayarit, México..	111

Figura 19. Perfil semirrealista y danserograma de un sistema agrosilvopastoril-huerto casero, en el municipio de Rosamorada; Nayarit, México.....	112
Figura 20. Dinámica de la producción de ganado bovino en el municipio de Rosamorada, Nayarit, México. ....	114
Figura 21. Integración de indicadores en el sistema silvopastoril estrato I y II en el municipio de Rosamorada, Nayarit.....	125
Figura 22. Integración de indicadores en el sistema acuaforestal en la zona baja (estrato I) en el municipio de Rosamorada, Nayarit.....	126
Figura 23. Integración de indicadores en el sistema silvopastoril estrato III en el municipio de Rosamorada, Nayarit.....	127
Figura 24. Integración de indicadores en el sistema silvoagrícola/agrosilvícola estrato II en el municipio de Rosamorada, Nayarit.....	128
Figura 25. Integración de indicadores en el huerto casero estrato III en el municipio de Rosamorada, Nayarit.....	128
Figura 26. Integración de indicadores en el huerto casero zona media en el municipio de Rosamorada, Nayarit.....	129
Figura 27. Distribución de las zonas de usos agroforestal del municipio de Rosamorada, Nayarit, México. ....	133
Figura 28. Diseño de un sistema silvoagrícola en callejones (alley cropping) con mango en rotación de flor de Jamaica y maíz.....	134

# Lista de tablas

---

Tabla 1. Procedimientos básicos de la metodología de diagnóstico y diseño (D&D).	26
Tabla 2. Necesidades y fuentes de información para el Diagnóstico y Diseño (D&D) agroforestal.	27
Tabla 3. Estructuración del árbol de problemas.	40
Tabla 4. Estructuración del árbol de objetivos.	41
Tabla 5. Organización de la lluvia de problemas.	42
Tabla 6. Valoración de los problemas de acuerdo a su causalidad.	42
Tabla 7. Valoración de los problemas.	43
Tabla 8. Matriz para la construcción de problemas de acuerdo con su ubicación y calificación en el plano cartesiano.	45
Tabla 9. Análisis estratégico mediante una matriz DOFA.	55
Tabla 10. Registro de especies presentes en cada cuadrante inventariado.	63
Tabla 11. Procesamiento de la información recolectado en cada cuadrante.	63
Tabla 12. Relación entre los atributos de los sistemas de manejo sustentable y los criterios de diagnóstico.	68
Tabla 13. Ponderación de indicadores para la construcción de la AMIBA.	69
Tabla 14. Adaptación de los criterios e indicadores para la construcción de la AMIBA.	70
Tabla 15. <i>Correlación de las variables con correlación &gt; 0,75 en el estrato I.</i>	92
Tabla 16. <i>Correlación de las variables con correlación &gt; 0,75 en el estrato II.</i>	93
Tabla 17. <i>Correlación de las variables con correlación &gt; 0,75 en el estrato III.</i>	94
Tabla 18. <i>Correlación de las variables con correlación &gt; 0,75 en los diferentes estratos ( I, II, III).</i>	96
Tabla 19. Problemas de los sistemas productivos agroforestales planteados por los productores.	124
Tabla 20. Propuestas de los componentes biológicos para el diseño de los sistemas agroforestales.	130

# Los autores

---

## **William Ballesteros Possú**

Ingeniero agroforestal con estudios de maestría en Agroforestería de la Universidad Autónoma Chapingo y Ciencias Agrarias con énfasis en producción de cultivos de la Universidad de Nariño y doctorado en Recursos naturales con énfasis en ecología aplicada de la Universidad de Nebraska-Lincoln, Estados Unidos; profesor Asociado del departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Actualmente decano de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Director del grupo de investigación Agroforestería y Recursos Naturales-ARENA. Antes de dedicarse a la docencia en la universidad de Nariño, trabajó en la Corporación del Valle del Cauca - CVC y la Corporación Autónoma Regional del Cauca - CRC donde inició sus investigaciones en Agroforestería. Ha publicado diferentes documentos relacionados con la Agroforestería.

Email: [wballesterosp@udenar.edu.co](mailto:wballesterosp@udenar.edu.co)

## **Hugo Ferney Leonel**

Es Ingeniero Forestal - Universidad del Tolima, especialista en Ecología con Énfasis en Gestión Ambiental - Universidad de Nariño; Magister en Planificación y manejo Ambiental de Cuencas Hidrográficas - Universidad del Tolima y Doctor en Ciencias Ambientales - Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. Profesor Asociado, fue decano de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Director del Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales, es investigador del Grupo Plan de Investigación para el Fortalecimiento Integral de las comunidades, actualmente coordina el Doctorado en Ciencias Agrarias - Universidad de Nariño. Autor y coautor de diversas publicaciones nacionales e internacionales.

Email: [hufnerleo@udenar.edu.co](mailto:hufnerleo@udenar.edu.co)

## **Jorge Fernando Navia Estrada**

Es Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia, Especialista en Proyectos de IICA, Magister en Sistemas de Producción con énfasis en Agroforestería del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE, Costa Rica, Doctor en Ciencias Agrarias con énfasis en Suelos y Aguas de la Universidad Nacional de Colombia. profesor Titular del Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Fue Director del Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales, Decano de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Vicerrector Académico de la Universidad de Nariño. Investigador del Grupo Agroforestería y Recursos Naturales. Áreas de actuación: Sistemas de producción Agroforestería; suelos y aguas; simulación y cultivos. Ha publicado diferentes documentos relacionados con la Agroforestería.

E-mail: [jornavia@udenar.edu.co](mailto:jornavia@udenar.edu.co)

# èditorial

Universidad de **Nariño**

Fecha de publicación: julio de 2024  
San Juan de Pasto - Nariño - Colombia

El libro "Métodos para la Identificación, Caracterización y Tipificación de Sistemas Agroforestales en el Trópico", es un texto que recopila diferentes metodologías y resultados de trabajos de investigación del programa de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Nariño, Universidades, Institutos y Centros de Investigación de renombre internacional en el campo de la agroforestería; en tanto, se convierte en una obra valiosa para aquellos interesados en comprender y estudiar los sistemas agroforestales en regiones tropicales, en aspectos relacionados con la identificación, caracterización y tipificación, explorando múltiples dimensiones y beneficios.

El libro se despliega una base conceptual, desde el surgimiento de la investigación en sistemas de producción, la conceptualización del enfoque de sistemas, el agroecosistema, la caracterización y tipificación de sistemas agroforestales. Luego, se enfoca en las metodologías frecuentemente usadas, así como en el análisis de casos de estudio y ejemplos prácticos que ilustran la implementación metodológica. Finalmente, se presenta una propuesta para la temática en mención, como resultado de la experiencia de los autores.

El enfoque práctico y aplicado para la identificación, caracterización y tipificación de los sistemas agroforestales es una de las destacadas fortalezas de este libro. Los métodos presentados están respaldados por una variedad de ejemplos de casos de estudio que ilustran su aplicación en diversos contextos tropicales. Además de considerar los aspectos socioeconómicos, ambientales y culturales, la obra explora métodos para realizar análisis participativos, evaluar los conocimientos locales y las prácticas tradicionales, así como para integrar la perspectiva de los agricultores y las comunidades locales en el proceso de investigación. Esta amplia perspectiva garantiza que el lector obtenga una comprensión integral de los sistemas agroforestales en el trópico y la importancia de abordarlos desde una perspectiva multidimensional, interdisciplinaria y participativa.

El libro se destaca por su redacción clara, precisa, accesible y técnica, lo cual, junto con su estructura organizada respaldada por una sólida base científica, facilita su comprensión y aplicación. Estas características hacen del libro una referencia valiosa tanto para estudiantes, investigadores y profesionales en el campo de la agroforestería y el manejo adecuado de los recursos naturales, como para los formuladores de políticas públicas en el sector agrario.

En resumen, este libro contribuye y orienta el desarrollo de la investigación agroforestal en el trópico, basándose tanto en el conocimiento científico como en el local. Con su enfoque práctico, abundantes ejemplos y métodos detallados, se convierte en una herramienta invaluable para impulsar el avance investigativo de la agroforestería, fomentar la conservación de la biodiversidad y promover el bienestar de las comunidades. Su utilidad trasciende los límites de la academia, y ofrece una guía clara y aplicable para aquellos comprometidos con el desarrollo sostenible y el buen vivir en las regiones tropicales.

ISBN: 978-628-7679-73-3



9 786287 679733



Universidad de Nariño  
FUNDADA EN 1964

ai

Universidad de Nariño  
ACREDITADA EN ALTA CALIDAD  
RESOLUCIÓN MEN 000222 - ABRIL 11 DE 2013

120 años

Universidad de Nariño

editorial  
Universidad de Nariño